SHOUT
SHARE
IT

(44)B
9

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A,M, N.H,
1910

Collated
57287
5.06(494)B1

Verhandlungen

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Basel.

Sechzehnter Band.

Mit drei Tafeln.

Basel
Georg & Co. Verlag
1903.

-03.3881.Selt2.

Herrn

Eduard Hagenbach-Bischoff

Dr. phil. et med.

Professor der Physik an der Universität

zum

SIEBZIGSTEN GEBURTSTAGE

20. Februar 1903

gewidmet

von der Naturforschenden Gesellschaft in Basel.

Hochgeehrter Herr Professor,

Die Naturforschende Gesellschaft in Basel kann den Tag, an dem Sie in voller körperlicher und geistiger Frische auf siebzig Lebensjahre rastloser Thätigkeit zurückblicken, nicht vorübergehen lassen, ohne alles dessen dankbar zu gedenken, was Sie von dem Zeitpunkte Ihres Eintrittes in die Gesellschaft bis heute ihr geboten haben.

Nicht nur waren Sie stets bereit, ihr die Ergebnisse Ihrer Studien und Arbeiten mitzuteilen, die sich über die verschiedensten Gebiete der Physik erstrecken, und deren Aufzählung uns heute mag erspart bleiben; auch die Arbeiten anderer Mitglieder haben Sie wirksam unterstützt, allen Ihr lebhaftes Interesse entgegengebracht und überhaupt alles fördern helfen, was unserer Gesellschaft zum Wohle gereichen konnte.

Als besonderes Verdienst rechnen wir es Ihnen an, dass Sie neben dem erfolgreichen Unterricht an der Universität und Ihren wissenschaftlichen Arbeiten Zeit und Lust gefunden haben, die Interessen aller akademischen Anstalten im Schosse der hohen Behörden zu vertreten und dass Sie unermüdlich bestrebt gewesen sind und noch sind, auch weitere Kreise unserer Bevölkerung an den Resultaten der Forschung teilnehmen zu lassen durch Veranstaltungen, die Sie teils ins Leben gerufen, teils unterstützt haben. Und dass Sie Ihre reichen wissenschaftlichen Kenntnisse zur Befriedigung praktischer Anforderungen, die an jede Stadt herantreten, zur

Verfügung gestellt haben, wird Ihnen die Stadt Basel niemals vergessen.

Ihrem mathematischen Wissen und dem Wunsche die Gleichheit aller Bürger eines Freistaates zum Ausdruck zu bringen sind die Bestrebungen zur Durchführung politischer Gerechtigkeit entsprungen.

Der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft haben Sie sowohl in organisatorischer als in wissenschaftlicher Hinsicht grosse Dienste geleistet nicht nur bei dem fleissigen Besuche ihrer Jahresversammlungen, sondern auch durch die mehrjährige mustergiltige Leitung und die Teilnahme an Arbeiten, die sich über lange Zeiträume erstrecken und die zur tiefern Kenntnis von Erscheinungen führen werden, deren Schauplatz vornehmlich unser Land ist.

Die Naturforschende Gesellschaft in Basel glaubt ihrer dankbaren Verehrung keinen bessern Ausdruck verleihen zu können als durch diese Widmung dieses Bandes der Verhandlungen, zu dem eine grössere Zahl von Gesellschaftsmitgliedern Beiträge geliefert hat.

Wir schliessen den Wunsch an, es mögen Ihnen noch viele Jahre in guter Gesundheit und Rüstigkeit verliehen sein, Ihnen und Ihrer Familie zur Freude, unserer Gesellschaft zum wissenschaftlichen Gewinn und Genuss, unserm engern und weitern Vaterlande zu Nutz und Frommen.

Die Naturforschende Gesellschaft in Basel

der Präsident:

Prof. Dr. Rud. Metzner.

Basel, den 20. Februar 1903.

INHALT.

Seite

Burckhardt, Fr. Zur Geschichte des Thermometers. Berichtigungen und Ergänzungen 1

Jacobus Rosius Philomathicus der mathemathischen Künste besonderer Liebhaber. Einige biographische Notizen 376

Burckhardt, Rudolf. Zur Geschichte der biologischen Systematik 388

Chappuis, P. Über einige Eigenschaften des geschmolzenen Quarzes 173

Fichter, Fr. Über ungesättigte Säuren. Mitteilung aus der chemischen Anstalt der Universität im Bernoullianum 245

Forel, F. A. in Morges. Recherches sur la transparence des eaux du Léman 229

His, W. in Leipzig. Die Zeit in der Entwicklung der Organismen 210

Kahlbaum, G. Über Gewichtsänderung bei chemischen und physikalischen Umsetzungen in geschlossenem Rohr und über Herrn Heydweillers Entdeckung. Eine Einleitung 441

Kinkelin, H. Zur Gammafunktion 309

Kollmann, J. Die Pygmäen und ihre systematische Stellung innerhalb des Menschengeschlechtes 85

Metzner, R. Kurze Notiz über Beobachtungen an dem Ciliarkörper und dem Strahlenbändchen des Tierauges . . 481

Nienhaus, C. Über Digitalis purpurea L. 241

Nietzki, R. Die Bedeutung der Farbstoffe im Haushalte der Natur 299

Rupe, H. Über die Synthese von Phenyloxytriazolen und über „sterische“ und „chemische“ Hinderung 184

Schaer, Ed. in Strassburg i. Els. Über die Einwirkung anorganischer und organischer alkalischer Substanzen auf das Oxydationsvermögen von Metallsalzen 70

Siebenmann, Fr. Anatomische Beiträge zur Kenntnis der Labyrinthanomalien bei angeborener Taubstummheit . . . 363

Sudhoff, Karl, in Hochdahl bei Düsseldorf. Rheticus und Paracelsus 349

Veillon, H. Einige Grundversuche über elektrische Schwingungen 329

Von der Mühll, K. Über konforme Abbildung im Raum . . 158

Zschokke, F. Marine Schmarotzer in Süsswasserfischen. (Mit einer Tafel) 118

Zur Geschichte des Thermometers.

Berichtigungen und Ergänzungen

von

Prof. Fritz Burckhardt.

Vor einer längern Reihe von Jahren habe ich als Resultat meiner Untersuchungen über Erfindung und Entwicklung des Thermometers zwei Schriften herausgegeben, nämlich:

1) Die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im XVII. Jahrhundert (mit einer lithographierten Tafel), Basel 1867;

2) Die wichtigsten Thermometer des XVIII. Jahrhunderts, Basel 1871; beide als Schulprogramme, die erste als Programm des Gymnasiums, die zweite als Programm der Gewerbeschule zu Basel.

Beide Schriften, von denen die eine durch den Buchhandel eine bescheidene Verbreitung gefunden hat, hatten das Schicksal vieler Schulprogramme; sie wurden mehrenteils übersehen. Gewisse Irrtümer haben sich fortgeschlichen von Lehrbuch zu Lehrbuch und deren Widerlegung hat nur wenig Beachtung gefunden. In neuerer Zeit begegne ich doch hie und da einer freundlichen Berücksichtigung dieser Schriften; ja es ist mir sogar ein Buch in die Hände gekommen, das ohne meine erste Publikation in dieser Form nicht erschienen wäre und dessen Figuren, mit Ausnahme einer einzigen, genaueste Reproduktionen der von mir gezeichneten, in der lithographierten Tafel enthaltenen, sind: *Henry Carrington Bolton*: Evolution of the Thermometer 1592—

1743. Easton P. A. The chemical Publishing Co. 1900. Wie die Bausteine gesammelt und geordnet worden sind, deutet das Buch im ganzen nur in einem Verzeichnis der Autoren an.

Wenn nun auch in der Zwischenzeit keine Thatsachen gefunden und bekannt geworden sind, die den hauptsächlichsten Resultaten meiner Untersuchung widersprechen, so möchte ich doch gerne einiges zusammenstellen, was das frühere ergänzt oder modifiziert, auch etwa irrtümliche Angaben berichtigen. Denn ich gebe zu, dass solche in meiner Arbeit vorkommen, und glaube eine Entschuldigung darin zu finden, dass an zusammenhängenden Vorarbeiten nur wenig zur Verfügung stand und dass die litterarischen Hilfsmittel nicht sehr leicht zu beschaffen waren, trotz dem Reichtum unserer öffentlichen Bibliothek an Werken, die sich auf die Geschichte der Physik und Mathematik beziehen.

1) Cornelius Drebbel.

Vielfach liest man noch, dass *Cornelius Drebbel* von Alkmaar das Thermometer erfunden habe, wobei auf einen Versuch hingewiesen wird, bei dem Luft in einer Retorte, die in ein Wassergefäss mündet, verdünnt wird und austritt, während bei der Abkühlung das Wasser in die Retorte zurückströmt.

Auf Seite 5 der „Erfindung des Thermometers“ habe ich die Vermutung ausgesprochen, dass der Grundversuch des *Cornelius Drebbel* wohl nicht unabhängig sei von dem Versuche, den *Porta* in einer 1606 publizierten Schrift¹) bespreche. Diese Vermutung bestätigt sich nicht. Als ich sie aussprach, war die älteste Edition

---

¹) I tre libri de Spiritali di Giambattista della Porta. Napoli 1606, pg. 46.

von *Drebbels* Traktat von der Natur der Elemente, die ich gesehen, die von 1608 gewesen, deren Zusendung ich der Universitätsbibliothek in Göttingen verdankte. Meine Publikation veranlasste Herrn Dr. *Th. Van Doesburgh* in Rotterdam, mir eine holländische Ausgabe vom Jahre 1604 zuzuschicken, die den Titel trägt:

Een cort Tractat van de Natuere der Elementen, ende hoe sy veroorsaecken den wint, Rechen, Blixem, Donder, ende waeromme dienstich zijn. Ghedaen door Cornelius Drebbel. Es folgt ein in Holz schön geschnittenes Bildnis von *Cornelius Drebbel, Alcmariensis* anno 1604. T'Haerlem, Ghedruckt By Gillis Roomann, op de Marckt, in de verguldе Parsse. Anno Domini 1604.

Diese Ausgabe scheint die älteste holländische zu sein. Aus der Jahreszahl des Erscheinens folgt, dass *Drebbel* von *Porta* nicht abhängig sein kann.[1]) Es ist wohl eher anzunehmen, dass beide bekannt gewesen seien mit der Schrift *Hero's* von *Alexandrien* „Pneumatica", die im Jahre 1575 durch *Federicus Commandinus* aus dem Griechischen ins Lateinische übertragen und durch den Druck verbreitet worden ist, die auch noch im Laufe des 16ten Jahrhunderts eine Reihe von Ausgaben in verschiedenen Sprachen erlebt hat.

Dass *Drebbel* nicht als Erfinder des Thermometers kann angesehen werden, kann nach den Untersuchungen von *E. Wohlwill*[2]) und *mir*[3]) als ausgemacht angesehen werden, wenn er es auch selbst sollte gesagt haben.

---

[1]) Diese Berichtigung habe ich schon früher in Pogg. Ann. CXXXIII, p. 681, gebracht; sie ist aber von dem Bearbeiter der Geschichte der Physik von *Poggendorf* oder von letzterm selbst völlig missverstanden worden, indem ich ganz richtig angegeben habe, dass das älteste von mir konsultierte *deutsche* Exemplar von 1608 datierte, dass mir aber ein noch älteres von 1604 in holländischer Sprache verfasstes zugekommen sei, wodurch sich die Annahme der Abhängigkeit *Drebbels* von *Porta* von selbst widerlege.

[2]) Pogg. Ann. CXXIV, g. 163.

[3]) Erf. d. Thermom. 1867.

Cornelius Drebbel[1]) war in Alkmaar 1572 geboren und ist gestorben in London 1634. Er studierte Mathematik und Physik in Leyden, etablierte sich in England, wo er von Jakob I. eine Jahrrente erhielt, kam nach Deutschland zu Rudolf II., wurde aber in den Unruhen, die der Streit im Kaiserhause verursachte, eingekerkert. Auf Verwenden Jakobs I. befreit kehrte er nach England zurück (1619), kam wieder nach Prag und erlitt dort dasselbe Schicksal wie früher. Durch Vermittlung der Generalstaaten wurde er vom Tode errettet und nahm fortan seinen festen Wohnsitz in London. Er war Alchymist und behauptete, das Perpetuum mobile erfunden zu haben. In was dieses wahrscheinlich bestanden hat, ist von *E. Wohlwill* in den Mitteilungen zur Gesch. d. Mediz. u. d. Naturwissenschaften. Nr. 1, p. 5 ff., nach einem Schreiben des *Dan. Antonini* an *Galilei* vom 4. Februar 1612 erörtert worden; er konstruierte ferner ein submarines Schiff, beschäftigte sich mit der Verbesserung optischer Gläser, des Mikroskops und des Thermometers, als dessen Erfinder er sich in England ausgab. Mehrere Bücher wurden in verschiedenen Auflagen gedruckt; er erfreute sich eines grossen Vermögens und grosser Reputation „moins due à un mérite réel, qu'aux temps d'ignorance où il a vécu“ [2]). Ein Bauer war er nicht, wie ihn *Nollet* und andere bezeichnet haben, aber er sah aus wie ein solcher. Der Vater von *Chr. Huygens*, *Constantyn*, hat es in folgendem Vers berichtet:

Drebbelium vidi tantum, qui fronte Batavum
Agricolam, sermone sophum Samiumque referret
Et Siculum.

---

[1] Oeuvr. compl. d Chr. Huygens 1895, V, p. 122, Fussnote.

[2]) Biogr. univ., Bd. 12, Art. Drebbel.

(Drebbel habe ich gesehen, wie er dem Aussehen nach den holländischen Bauer, der Rede nach den Samischen und Sikulischen Weisen darstellt.)

(Anspielung auf Aristarch von Samos
und Archimedes.)

Worin die Verbesserungen des Thermometers sollen bestanden haben, ist nicht wohl einzusehen, zumal dieses Instrument in der geschlossenen Form wahrscheinlich erst geraume Zeit nach seinem Tode in England bekannt geworden ist;[1]) es könnte sich also nur handeln um Verbesserungen des Luftthermometers, das in grösserem Formate, wie später auch von *Otto von Guericke*,[2]) Mobile perpetuum konnte genannt werden.

2) Robert Fludd.

Neben *Cornelius Drebbel* wurde von verschiedenen Autoren als Erfinder des Thermometers bezeichnet der Engländer *Robert Fludd.* Nach den kurzen Notizen, die ich in der Schrift: „Die Erfindung des Thermometers“, p. 24, gegeben habe, glaubte ich nicht mehr in die Lage zu kommen, diese Behauptung beleuchten zu müssen. Aber in der Geschichte des Thermometers von *E. Renou*[3]), die von den Franzosen auch jetzt noch besonders geschätzt wird, und für die neuere Geschichte auch schätzbar ist, wird der Versuch gemacht, auf Grund einer Aussage von *Fludd* die Erfindung viel weiter zurückzuverlegen, auch hinter *Galilei,* und darzuthun, dass die Personen, denen bisher die Erfindung zugeschrieben worden, den Apparat eigentlich schon vorgefunden und nur nach ihren Bedürfnissen eingerichtet haben. *Drebbel*, *Sanctorius*, *Galilei*¹) und andere haben also nach *Renou* einfach ein vorhandenes Instrument weiter benützt; von einem Erfinder kann man nicht reden.

---

[1]) Erf. d. Therm., p. 43.
[2]) dito p. 28, 29 u. Fig. IX.
[3]) Annuaire météorol. XXIV, 19—72.

Renou's Worte sind folgende²): „C'est par la description de cet instrument (Luftthermometer von *Galilei* und *Sanctorius*) que *Fludd* commence son livre (Philosophia Moysaica). Il dit qu'on l'appelle vulgairement Speculum Calendarium, c'est-à-dire le Miroir du temps. Il dit aussi que plusieurs personnes s'en attribuent l'invention, parce qu'elles y ont fait quelque petit changement; mais que, pour lui, il en emprunte la description et la figure à un manuscrit, vieux de plus de *cinquante* ans."

„Voilà une date antérieure à 1587, qui réduit à néant les prétentions de *Drebbel*, *Santorio* et de plusieurs autres.

Il est évident que cet appareil n'a pas eu d'inventeur, et ce qu'en ont dit *Fludd*, *Drebbel* et *Santorio* montre seulement qu'on sentait alors le besoin d'avoir un instrument propre à mesurer les températures."

*Lana*³) stellt ganz nackt die Behauptung auf: Il primo inventore del Termoscopio, per mezzo di cui si possa conoscere quando l'aria sia più e meno calda o freda fu *Roberto Fluddo* etc. Allein schon in einer spätern lateinischen Edition⁴) sprach er nicht mehr von der ersten Erfindung, sondern von der ersten Beschreibung: Hujus instrumenti primam descriptionem invenimus apud *Robertum Fluddum* etc.

Was schreibt aber *Fludd* in seinem Werke⁵), in

---

¹ Annuaire météorol. XXIV, 21. 22.

²) Annuaire XXIV, p. 21.

³) Prodromo all arte maëstra 1670.

⁴) Magist. Naturae et Artis II, p. 380.

⁵) Philos. mosaica, p. 1, 1638.

dem er die ganze Weltordnung mit dem thermischen Grundversuch in Beziehung setzt?

Dieses Instrument, gewöhnlich *Speculum Calendarium* genannt, wird fälschlich von einigen Männern unseres Jahrhunderts für sich in Anspruch genommen, ja, es rühmen sich einige fälschlich der Erfindung desselben. Was mich anbelangt, so halte ich es für recht und billig, jedem das Seine zuzuerkennen. Denn es ist auch für mich keine Schande, die Prinzipien meiner Philosophie meinem Lehrmeister *Moses* zuzuschreiben, da er sie ja mit göttlichem Finger gebildet und gezeichnet empfangen hat; auch kann ich für mich die erste Erstellung dieses Instrumentes nicht in Anspruch nehmen, obwohl ich in der Geschichte meines Makrokosmos und anderwärts mich dieses bedient habe, um die wahrhaftige Grundlage meiner Philosophie darzuthun. Ich erkenne an, dass ich das Instrument in einem wenigstens 500 Jahre alten Manuskript beschrieben und geometrisch gezeichnet gefunden habe.

In seiner Geschichte des Makrokosmos[1]) teilt er einige Versuche mit über die Luftausdehnung durch die Wärme.

An die Stelle der *fünfzig* Jahre, von denen *Renou* spricht, setzt *Fludd fünfhundert* und damit rückt er die Erfindung in das Reich des Unglaubwürdigen und die Thatsache, dass alle weitern Erfinder oder Verbesserer des Thermoskopes das von *Fludd* bezeichnete Instrument sollen vorgefunden haben, fällt ebenfalls dahin mit allen Folgerungen.

Das fünfhundert Jahr alte Manuskript hat sich seither nicht gefunden.

---

[1]) Utriusque Cosmi Historia, Tom I. De Macrocosm. Hist., p. 30–33. 1617–1621.

3) Geschlossenes Thermometer 1611—1612?

E. Renou schliesst aber hieran eine weitere Hypothese[1]) mit nicht besserer Begründung.

Francesco Sagredo schreibt an *Galilei* am 9. Mai 1613[2]):

Das Instrument zur Messung der Wärme, **das von Ihnen erfunden worden ist**, habe ich in mehrere bequeme und ausgesuchte Formen gebracht, so dass man die Temperaturunterschiede von einem Zimmer zum andern bis auf 100 Grade erkennen kann. Man kann damit mehrere bemerkenswerte Dinge beobachten, — — welche unsere Peripatetiker in keiner Weise erklären können, da einige, darunter unser *Gageo*, so weit abwegs sind, dass sie noch nicht einmal den Grund des ersten Vorgangs begreifen, indem sie glauben, sie müssten den entgegengesetzten Effekt sehen; denn da die Hitze, wie sie sagen, eine anziehende Kraft ausübt, so müsste das Gefäss beim Erwärmen *das Wasser* anziehen; und solche Menschen beanspruchen die ersten Lehrstühle Padua's.

E. Renou folgert hieraus:

Quoiqu'on ne trouve point, dans la lettre de *Sagredo*, le nom de thermomètre, il me semble hors de doute qu'il s'agit ici du thermomètre de Florence à alcool, und fügt auf p. 72 hinzu: Après avoir dit que *Galilée* en 1603 se servait du thermomètre de Fludd, sous le nom de Calendarium vitreum, et cité la lettre de *Sagredo* à *Galilée*, il faut dire qu'on reconnaît sûrement, aux 100° du thermomètre de *Sagredo*, le thermomètre de Florence en 100° aussi. Les termes de cette lettre montrent qu'il s'agit d'un instrument tout nouveau, **ce qui place l'invention du thermomètre à alcool en 1611 ou 1612**.

---

[1]) Annuaire météor. XXIV, p. 22, 72.

[2]) Erf. d. Therm., p. 14. Commerc. epist. III, p. 270.

In *Sagredo*'s Brief sind nun schon die Anhaltspunkte zum Beweise des Gegenteils von dem, was *Renou* darin findet, und zwar:

1) Es handelt sich offenbar um das Galilei'sche Thermoskop, das *Sagredo* in mannigfache Formen will gebracht haben;

2) Im Rohre steigt nicht Weingeist, sondern Wasser (bisweilen wird das Wort acqua auch als Flüssigkeit überhaupt gebraucht);

3) Das Wasser wird beim Erwärmen abgestossen; es handelt sich demnach um Zusammenziehung und Ausdehnung von Luft, welcher das Wasser folgt, und nicht um Zusammenziehung und Ausdehnung von Wasser oder von Weingeist.

Wir lesen aber auch weiterhin in der Korrespondenz zwischen *Sagredo* und *Galilei*, deren Hauptpunkte ich in der „Erfindung des Thermometers“ ausführlich mitgeteilt habe, einige bemerkenswerte Sätze[1]. So schreibt *Sagredo* am 15. März 1615 an *Galilei:* aber da, wie Sie mir schreiben, und wie ich auch zuversichtlich glaube, Sie der erste Verfertiger und Erfinder gewesen sind, so glaube ich, dass die Instrumente, welche von Ihnen und Ihren vortrefflichen Künstlern gemacht worden sind, weit die meinigen übertreffen u. s. w.

Galilei aber giebt über die Wirkungsweise die Erklärung:

Wenn sich die Luft um die Kugel herum dadurch abkühlt, dass man einen kältern Körper hinzubringt, so werden die Wärmeteilchen, die sich in der eingeschlossenen Luft befinden, in die Höhe steigen, weil ein Mittel da ist, das weniger leicht als sie ist, und diese Luft wird kälter werden als früher und wird sich so nach dem vorgenannten Prinzipe zusammenziehen und weniger Raum einnehmen, ne detur vacuum, weshalb der *Wein* in die Höhe steigen wird, um den von der Luft leer gelassenen Raum einzunehmen. Und dann, wenn diese Luft erwärmt ist und sich verdünnt und einen grösseren Raum einnimmt, so wird sie den Wein vertreiben und herabdrücken, der nun, da er dichter ist, ihr leicht jenen Platz überlassen wird, woraus folgt, dass Kälte nichts anderes als Mangel an Wärme ist.

---

[1] Erf. d. Therm., p. 16. 19.

Daraufhin schreibt *Sagredo* am 11. April 1615:

Was die Instrumente von Glas zur Temperaturbestimmung anbelangt, so waren die ersten, die ich gemacht habe, von der Art, wie Sie die Ihrigen haben machen lassen; aber dann habe ich die Erfindung in verschiedener Weise vervielfältigt, was ich nicht alles in einem Briefe beschreiben kann u. s. w. Ich habe Ihre Ansicht von der Wirkungsweise dieser Instrumente verstanden u. s. w.

Hienach kann doch kein Zweifel bestehen, welcher Art von Thermoskop das von *Sagredo* war, und es fällt jeder Grund dahin, die Erfindung des geschlossenen Weingeistthermometers in die Jahre 1611 und 1612 zu verlegen. Der Irrtum konnte nur dadurch entstehen, dass abgerissene Stücke aus der Korrespondenz gelesen wurden.

So lange das ursprüngliche Luftthermometer *Galilei*'s mit den zahlreichen Abänderungen, die es unter den Händen der Experimentatoren erfuhr, im Gebrauche war, konnten zwar Steigen und Fallen, Abkühlen und Erwärmen beobachtet werden; da aber diese Instrumente alle nicht nur von der Wärme, sondern auch vom Luftdruck abhängig waren, konnten an ihnen keine Skalen angebracht werden, die sich auf feste Punkte stützten, d. h. auf Temperaturen, die notwendig mit einem physikalischen Vorgange verbunden sind.

Es konnte wohl *Sagredo* am 7. Februar 1615 an *Galilei* von der Temperaturerniedrigung berichten, die eintritt bei der Mischung von Schnee und Kochsalz; „ich muss Ihnen sagen, dass während zweier Schneetage hier in meinem Zimmer mein Instrument 130° Wärme mehr zeigte, als jenes, das schon vor zwei Jahren zur Zeit strengster Kälte dagewesen war; dieses Instrument, begraben im Schnee, hat 30° weniger gezeigt, also bloss 100; aber darauf eingetaucht in Schnee und Salz, zeigte es weitere 100 Grad weniger, und ich glaube, es hat in Wirklichkeit noch weniger gezeigt, aber man konnte es wegen des Schnees und Salzes nicht deutlich sehen; wenn es daher bei der grössten Sommerhitze auf 360° steht, so erkennt man, dass Schnee und Salz die Kälte um den dritten Teil des Unterschiedes zwischen der grössten Sommerhitze und der strengsten Winterkälte vermehrt, eine so merkwürdige Thatsache, dass ich keinen denkbaren Grund dafür weiss."

Und wenn *Galilei* verschiedene Wärmegrade mit Zahlen bezeichnet,[1]) so verstehen wir diese Sprache nicht, weil uns die Skala unbekannt ist. Mit welcher Willkür Skalen errichtet wurden, mag der Vorschrift entnommen werden, die *Fr. Bacon* giebt[2]): Debet autem appendi charta angusta et oblonga et gradibus (quot libuerit) interstincta.

4) Jean Rey.

Eine grössere Genauigkeit und Deutlichkeit konnte auch nicht erreicht werden mit andern thermometrischen Vorrichtungen, wie mit den schwebenden, schwimmenden und sinkenden Glaskugeln, mit denen sich nach dem Zeugnis *Torricelli's*,[1]) *Ferdinand II.*, *Grossherzog von Toskana*, beschäftigt und unterhalten hat.

---

[1]) Opere 1656, II, p. 474—475.

[2]) Nov. org. II. Aphor. XIII, § 38. Amsterd. 1684, p. 190—191.

Die erste Spur der Verwendung einer Flüssigkeit statt der Luft zur Beobachtung von Änderungen der Temperatur findet sich bei *Jean Rey*, einem französischen Arzte und Chemiker. Dieser hatte mit *P. Mersenne* eine lebhafte Korrespondenz, aus der einige Briefe, zusammen mit einem von diesem Arzte im Jahre 1630 veröffentlichten Büchlein, im Jahre 1777 von *Gobet* herausgegeben worden sind. Das Büchlein führt den Titel: Essays sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb augmentent de poids quand on les calcine. Bazas 1630 in-8°, 142 Seiten; in der von *Gobet* veranstalteten Ausgabe liest man (p. 114) in einem Brief von *P. Mersenne* am 1. September 1631 [2]): Et puis le termoscope faisant descendre la liqueur par la rarefaction de son air, tesmoigne que la chaleur rend l'air plus subtil, sans qu'un plus espais descende en son lieu.

Worauf *J. Rey* die bemerkenswerte Antwort giebt, am 1. Januar 1632:

Il y a diversité de thermoscopes ou thermometres, à ce que je voy: ce que vous en dittes ne peut convenir au mien, qui n'est rien plus qu'une petite phiole ronde, ayant le col fort long et deslié. Pour m'en servir je la mets au soleil, et par fois à la main d'un febricitant, l'ayant tout remplie d'eau fors le col, la chaleur dilatant l'eau fait qu'elle monte: le plus et le moins m'indiquent la chaleur grande ou petite.

Rey hat wohl sein Instrument vorherrschend zu ärztlichen Zwecken gebraucht; da er sich des Wassers bediente, konnte er niedrige Lufttemperaturen nicht beobachten; auch war es wahrscheinlich oben offen.

---

[1]) Monconys Journ. d. voyages I, p. 130—131.

[2]) Hr. Prof. *Kahlbaum* hat mir dieses Buch zur Einsicht zugestellt: zugleich mit einer 1895 veranstalteten englischen Übersetzung der ersten Schrift von *J. Rey* (1630).

P. *Mersenne* hat aber die Erklärung des ihm noch unbekannten Instrumentes nicht verstanden, denn er schreibt am 1. April 1632 (p. 149):

Ce n'est pas l'eau du thermometre qui se rarefie quand elle monte comme vous dites: mais c'est l'air qui s'espaississant la fait monter, et se dilatant par la rarefaction la fait descendre.

5) Florentiner Thermometer.

Es wird nun schwer zu sagen sein, ob das Vorhandensein eines solchen Thermometers zu weiterer Kenntnis gelangt oder ob die Erfindung des geschlossenen Florentinerthermometers, beruhend auf der Beobachtung der Ausdehnung des Weingeistes, als eine originale zu betrachten sei. In Florenz wurde sie dem *Grossherzog Ferdinand II. von Toskana* zugeschrieben, und von Florenz aus gelangten solche Instrumente in andere Gegenden, erst als fürstliche Geschenke vereinzelt, später aber als förmlicher Handelsartikel; auch wurden sie anderwärts von Unberufenen nachgemacht, erhielten willkürliche, wenig übereinstimmende Skalen, behielten aber immer den Namen Florentinerthermometer. Der Grossherzog versandte seine Thermometer an verschiedene Orte im Lande, um damit Beobachtungen anstellen zu lassen und zu sammeln. Nach Berichten, die in neuerer Zeit bekannt geworden sind, erfahren wir von zwei solchen Instrumenten, von denen das eine in die Hände von *Ismaïl Boulliau (Bullialdus)*, das andere in die von *Christiaan Huygens* gelangt ist. Nach einer später zu erwähnenden Beobachtung muss man annehmen, dass diese ebenso müssen eingeteilt gewesen sein, wie die, deren sich die Akademiker del Cimento bedient haben und deren exakte technische Ausführung in der Florentiner-Sammlung der Galileischen Tribuna nicht genug kann bewundert werden. Die Akademie fand die in ihren Verhandlungen erwähnten Messinstrumente schon bei ihrer Gründung vor.[1]) Der Geschichtschreiber der Akademie *Vincenzio Antinori*, der die Ausgabe der Saggi di naturali Esperienze vom Jahre 1841 einleitet, zieht auf p. 105 alle Seiten der Thätigkeit der nur zehn Jahre lebenden Akademie in einer langen Periode zusammen und erwähnt unter den aufgezählten Arbeiten die Thermometer nicht; hingegen fragt er (p. 106), wie es möglich gewesen sei, dass *Ferdinand*, der dieser Akademie seine wertvollen Instrumente übergeben habe, die Auflösung der Akademie habe können geschehen lassen.

Ich erinnere daran, dass in diesen Verhandlungen, und zwar an deren Anfang einige Thermometer genauer beschrieben sind, und dass die in Florenz jetzt noch vorhandenen genau mit der Beschreibung übereinstimmen.

In der ersten Art, deren Skala in 100 Grade geteilt ist, steigt der ungefärbte Weingeist bis zu einem mit 20 bezeichneten Grade, wenn das Instrument in Schnee und Eis gestellt wird, und nicht höher als bis zum 80. Grade in der stärksten Sommerhitze.

Eine zweite Art ist dem ersten ähnlich erstellt, aber statt in 100 in 50 Grade eingeteilt; während jenes im strengsten Winter 16° oder 17° zeige, zeige dieses 12° oder 11°; während jenes bei intensiver Hitze bis 80° steige, steige dieses nur bis 40°; von diesem zweiten wird ferner ausgesagt: „Wir haben ein Bleigefäss mit klein zerriebenem Eise gefüllt und ein Thermometer von 50° hineingestellt, welches sich auf $13^{1}/_{2}$° eingestellt hat.“ [1])

---

[1]) Saggi. Not. istor. p. 39.

Ein drittes Thermometer war in 300 Grade eingeteilt.

Ein Glaskünstler, der für den Grossherzog arbeitete, pflegte zu sagen, er würde sich getrauen, zwei, drei oder mehrere 50gradige Thermometer zu machen, die im gleichen Raume gleiche Grade zeigten, nicht aber solche von 100 oder 300 Graden.

Als *Antinori* 1829 eine Anzahl Thermometer der Akademiker auffand, wurde von *Libri* eine Vergleichung mit der sog. Réaumurskala vorgenommen. Das Resultat war, dass 0° R. auf 13,5° Fl. und 0 Fl. auf — 15° R. fiel. Die Übereinstimmung des Eispunktes ist fast zu vollkommen, indem im Laufe langer Jahre wohl in diesen Thermometern der Eispunkt auch etwas dürfte gestiegen sein.

Zu ganz allgemeiner Kenntnis sind die Florentinerthermometer in der Mitte des 17. Jahrhunderts nicht gelangt. Ich habe versucht zu ermitteln, ob vielleicht solche Instrumente zugleich mit den astronomischen, in China hergestellten, dort eingeführt worden seien; allein weiter als zu einem Thermoskop, auf der Ausdehnung der Luft beruhend und nach Art des Instrumentes von *Galilei* oder *Sanctorius* gebildeten hat es der in astronomischen Dingen wohl erfahrene Jesuite, der die Herstellung aller Instrumente leitete, nicht gebracht.

Ferdinand Verbiest S. J.[2]) widmet in seiner Astronomia europæa, Ex umbra in lucem revocata sub imperatore Tartarico-Synico, *Cam Hy* appellato, ein besonderes Kapitel XXVI. p. 95 der Meteorologie, worin die Sonnen- und Mondringe, Nebensonnen und andere atmosphärische Erscheinungen erörtert werden. Überdies wird erwähnt ein Thermoskop, der Beschreibung nach, wie eben erwähnt, ein unvollkommenes Instrument:

---

[1]) Saggi di natur. Esp. 1841, p. 39. Die Akademiker del Cimento betrachteten die 50gradigen Thermometer, laut Sagg. p. 120 als i più commodi, i più sinceri, e per consequenza i più adoprati a conoscer le alterazioni del aria.

[2]) Über *Ferdinand Verbiest's* Schriften siehe *T. S. Bayer* in Miscell. Berol. T. VI Nr. III p. 189—192.

Hoc thermoscopium ex vitro Sinico conflandum curavi, quod gracili et longo tubo, instar siphonis bicruris reflexo, atque ex magno globo vitreo descendente, vel minimam quamvis caloris et frigoris vicissitudinem statim ante oculos ponebat, oculo scilicet omnium sensuum acutissimo defectum tactus, qui omnium sensuum maxime obtusus est, neque hos caloris et frigoris gradus omnes discernere facile potest, abunde supplente.

6) Ismaël Boulliau (Bullialdus).

Vor einigen Jahren hat der *Abbé Maze* der Pariser Akademie folgendes mitgeteilt und in den Comptes Rendus CXXI, p. 230—231 (1895) veröffentlicht:

Sur le premier thermomètre à alcool utilisé à Paris.

Il y a quelques mois, j'ai fait connaître à l'Académie la plus ancienne série thermometrique faite à Paris. Il était intéressant de chercher comment *Boulliau*, l'auteur de cette série, avait été mis en possession d'un thermomètre de Florence. Cette recherche a été couronnée de succès; je puis affirmer aujourd'hui que ce thermomètre, pour venir de Florence à Paris, est passé par la Pologne.

Pendant l'été de 1657, la reine de Pologne, *Marie Louise de Gonzague*, envoya Mr. *Buratin* avec une mission en Italie. Celui-ci revint avec divers cadeaux du grand-duc de Toscane, parmi lesquels il y avait des thermomètres scellés et d'autres inventions aussi scellées

pour comparer la pesanteur de toutes les liqueurs, d'autres pour mesurer la chaleur des fébricitants et les mouvements du pouls, etc.

Des Noyers, secrétaire de la reine, envoya à *Boulliau* un de ces thermomètres, mais auparavant il lui en avait fait parvenir la description et le dessin. Ce dernier, conservé à la Bibliothèque nationale avec les lettres de *Des Noyers*, n'est qu'un simple croquis, mais comme son auteur affirme par deux fois que la forme et les dimensions en sont très exactes, que, d'ailleurs, il est facile de voir qu'il l'a tracé à l'aide d'un compas, cela permet de juger de la forme et des dimensions de l'instrument.

Cette forme était celle de nos thermomètres à boule, mais cette dernière était un peu aplatie normalement à la tige. L'intérieur, boule et tige, mesurait exactement un décimètre. Ce thermomètre était gradué sur tige à l'aide de petits points en émail noir. Les dizaines étaient marquées par des points plus gros d'émail blanc. L'alcool était incolore. „On n'y met pas de l'esprit-de-vin coloré parce qu'avec le temps il salit le verre, et, y demeurant attaché hors du liquide, en diminue la quantité apparente.“

Le jour de l'envoi n'est pas connu, mais l'instrument fut longtemps en route, comme le prouvent les lignes suivantes, datées du 16 juin 1658: „Je vois par votre lettre du 24 may qu'enfin vous avez reçu le petit thermomètre. Le grand-duc en porte toujours un dans sa pochette.“

La première observation inscrite dans la série de *Boulliau* est du 25 mai 1658. Les chiffres ne sauraient mieux concorder. On voit que notre astronome n'a guère tardé à se mettre à l'œuvre, posant ainsi les premières bases de la climatologie française.

Über diese älteste Beobachtungsreihe berichtet der *Abbé Maze* in Comptes Rendus CXX, p. 731 (1895): Sur la plus ancienne série française d'observations thermométriques et météorologiques.

Dans un recueil de documents astronomiques que possède l'observatoire national se trouve relié un cahier écrit de la main du prêtre astronome *Ismaël Boulliau.* Ce régistre, car c'en est un, a pour titre: Ad thermometrum observationes anno 1658 Parisiis, et ce soustitre: Thermometrum Florentiæ fabricatum. Or chacun de ces deux titres est une révélation: on ne connaissait pas, à Paris, d'observations thermométriques antérieures à celle de *Lahire,* et l'on ignorait qu'il eût été fait, hors de l'Italie, d'observations avec le thermomètre de l'Académie del Cimento. Comme les observations de *Boulliau* sont accompagnées des notes sur la direction du vent, les chutes de pluie ou de neige, le gel, le dégel etc., la comparaison entre ces notes et le degré inscrit en regard permet de s'assurer que l'échelle employée est bien celle de l'Académie del Cimento, telle que *Libri* l'a fait connaître en 1830; c'est-à-dire que le zéro de Florence correspond à — 18,75° C. et le zéro de nos thermomètres est à 13½° del Cimento.

Die Beobachtungen umfassen drei Sommer und zwei Winter (25. Mai 1658 bis 19. September 1660) und bilden eine nicht ganz vollständige Reihe, die doch manches Interessante bietet für die Klimatologie von Paris in der Mitte des 17. Jahrhunderts. Nur die in Florenz von P. *Rainer* angestellten Beobachtungen reichen noch über drei Jahre weiter zurück bis 1654. Die Tagebücher sind noch erhalten und durch den Direktor des Museo Galileiano, *V. Antinori,* im Archivio centrale italiano I Firenze 1858 ausführlich veröffentlicht worden. Sie beginnen mit dem 15. Dezember 1654 und enden im März 1670[1]); 1670 aber wurde bisher als der früheste Zeitpunkt angesehen, bei dem in Paris überhaupt beobachtet wurde und zwar durch den in *Maze*'s Mitteilungen genannten *La Hire*, dessen Thermometer auch ein Florentiner gewesen sein soll.

Über das aus Polen erhaltene Thermometer schreibt *Boulliau* am 28. Februar 1659 an den Fürsten *Leopold*, Bruder des Grossherzogs von Toskana[2]):

Thermometrum unum ex Polonia a quodam amico meo anno superiore accepi, quod Florentiæ confectum mihi asseruit, per intensissimos æstatis præteritæ æstus ad gradum trigesimum septimum liquor in illo intumuit; vicissimque Decembris elapsi diebus aliquot ad gradum 7 liquor depressus apparuit. Hoc etiam adnotavi pruinam cecidisse ac tenuissimam glaciem visam esse ubi liquor fuit ad 15 gradus compressus; usque dum ad 14 gradus subsedisset gelu non exspectaveram, cum monuisset me amicus supra illum gradum nec cadentem rorem in pruinam, nec aquam in glaciem concrescere.

Hierauf verlangt *Leopold* genauere Angaben über das gebrauchte Thermometer in folgender Briefstelle vom 31. März 1659[3]):

Et intormo a quel Termometro inviatole dall' Amico di Polonia, per poter dare a Vostra Signoria qualche aggiustata risposta sopra le sue operazioni, è necessario che ella mi mandi úna misura, o disegno puntuale della sua grandezza, et in quanti gradi sia diviso, con aggiugnerui la relazione di una esperienza, che desidererei Vostra Signoria facesse, che è questa di mettere il Termometro dentro al Diaccio stritolato e osservare se quanto l'acqua del Termometro et a che gradi cali doppo essere il medesimo stato nel Diaccio per lo spazio di mezza ora, e con tenervelo tanto tempo sommerso, che cali alla minor possibile bassezza.

---

[1]) *Hellmann, Dr. G.*, Die Anfänge der meteorol. Beobacht. und Instrum. aus Illustr. naturwiss. Monatsschrift Himmel und Erde, Jahrg. II, p. 3. 4. Heft 1890.

[2]) *Huygens.* Oeuv. compl. Bd. III, p. 460.

[3]) *Huygens.* Oeuv. compl. Bd. III, p. 461, 463, 464.

Am 2. Mai 1659 zeigt *Boulliau* dem Fürsten *Leopold* den Empfang zweier Thermometer an:

Etsi fortasse importunus nimis videar, pauca tamen rescribenda mihi videntur, ut thermometrorum in liquoris ostendendo ascensu et descensu varietatem significem ex quo instrumenta illa vitrea a Celsitudine Tua Seremissima accepi, thermometra bina, quæ integra in arcula inveni, cum eo quod ex Polonia ad me fuit missum comparavi et in hocce altiorem apparere liquorem duobus punctis, quam in illis, semper notavi. Cumque sint illa instrumenta inter se omnimode æqualia, tam penes tubuli longitudinem ac capacitatem, quam penes utriculi capacitatem, differentiam illam in spiritus vini subtilitate ac tenuitate inæquali oriri existimo. aliunde enim, quam ex contenti liquoris majori vel minori levitate, quæ majorem vel minorem phlegmatis copiam sequitur, causam repetere facile non est, cum vasa quæ illum continent undequaquam æqualia et similia sint. Glaciei comminutæ illa simul immersa thermometra, ut monitis tuis, Serenissime Princeps, obtemperem, utque quam maxime in singulis subsidit liquor, deprehendam.

Hierauf antwortet *Leopold* dem *J. Boulliau* am 22. Mai 1659:

Sopra la differenza che Vostra Signoria mi accenna haver potuto riconoscere fra i Termometri inviatili da me et quello che ella ha riceuto di Pollonia, altro di qua da lontano non saprei dirmi, se non questa diversita puo haver' cagione, quantunque i Termometri siano di ugual' grandezza, dall' havere il maestro che gl'ha fabbricati messa qualche quantita di acqua arzente più in uno che nell altro, o si vero quello che Vostra Signoria accenna dall' essere l'acqua arzente in alcuno di questi strumentini più gagliarda che nel altro.

7) Christiaan Huygens; Robert Hooke.

In dieselbe Zeit nun fällt auch die Zusendung eines solchen Thermometers mittlerer Grösse, dem zweiten Thermometer der Akademie entsprechend, an *Christiaan Huygens* in *La Haye*, aus dessen Briefwechsel mit *R. Moray*, dem Engländer, nicht nur hervorgeht, dass *Huygens* sich um 1660 im Besitze eines Florentinerthermometers befand zu einer Zeit, da man in England ein solches noch nicht gesehen hatte, wohl aber wahrscheinlich unter der Führung *Robert Boyle*'s und unter Mitwirkung des geschickten Experimentators und Schützling's *Boyle*'s [1]), *Rob. Hooke*, bemüht war, dem gemeinen Wetterglas (common Weather-Glass) das geschlossene Thermometer (seald Thermometer) an die Seite zu stellen.

Robert Boyle berichtet in seinem klassischen Buche: Experiments touching Cold, 1665, nachdem er die Mängel des vom Luftdrucke abhängigen Thermoskopes beleuchtet, dass er die Herstellung des ersten hermetisch verschlossenen Thermometers in England geleitet habe. Diese Arbeit aber sei gefördert worden dadurch, dass er von einem einsichtigen Reisenden ein kleines Wetterglas gesehen habe, das dieser von Florenz mitbrachte, woraus hervorgehe, dass höchst geschickte Männer, Zierden jener schönen Stadt, vorangegangen seien in der Herstellung geschlossener Thermometer von geeigneter Form. Jetzt aber, seitdem diese Methode durch die geschickte Hand, die für ihn arbeite, verbessert worden sei, seien sie in hohem Grade vervollkommnet worden.

---

[1]) *R. Hooke*, Micrographie, 1665. Preface: The most Illustrious Mr. *Boyle*, whom it becomes me to mention with all honour, not only as my particular Patron, but as the Patron of Philosophy itself; which he every day increases by his labours, and adornes by his Exemple.

Ich habe früher schon die Vermutung ausgesprochen, der Reisende, der *Boyle* zuerst ein Florentinerthermometer gezeigt habe, möchte der Franzose *Balthasar Monconys* gewesen sein, der in seinem „Journal des Voyages" berichtet, dass er am 30. Mai 1663[1]) von *Boyle* in eine Sitzung der Akademie mitgenommen worden sei; im Reisetagebuche ist am folgenden Tage eine Beobachtung mit dem von ihm mitgeführten Thermometer aufgezeichnet.

Die geschickte Hand aber, die für *Boyle* arbeitete, gehörte wahrscheinlich dem Experimentator der Königl. Gesellschaft *Robert Hooke*, berühmt durch zahlreiche Erfindungen und viele Prioritätsstreitigkeiten.

Am 9. September 1663 sprach *Reale* in der unter Oldenburg versammelten Kgl. Gesellschaft den Wunsch aus, übereinstimmende Thermometer zu erhalten, um in verschiedenen Landesgegenden vergleichbare meteorologische Beobachtungen zu machen; die Gesellschaft beauftragte ihren Experimentator, *R. Hooke*, ein Dutzend solcher Weingeistthermometer zu beschaffen. Am 22. Oktober 1663 verteilte dieser in der That solche adjustierte Thermometer; ein solches erhielt auch *R. Moray*[2]).

R. Hooke beschreibt die Herstellung seines Normalthermometers in der *Micrographie*[3]). Es lohnt sich wohl der Mühe, diese in extenso zu geben, als ersten Versuch, der zwar nicht ganz zu dem gehofften Resultate führen konnte, der aber dafür zeugt, dass es *Hooke* ernstlich daran lag, wirklich vergleichbare Thermometer zu erstellen.

---

[1]) Journ. d. Voyage, II, p. 38; nicht 1662, wie im Bull. d. l. soc. Belge d'Astron. 1901. p. 288 steht.

[2]) Huyg. Oeuvr. Bd. IV, p. 425, Fussnote,

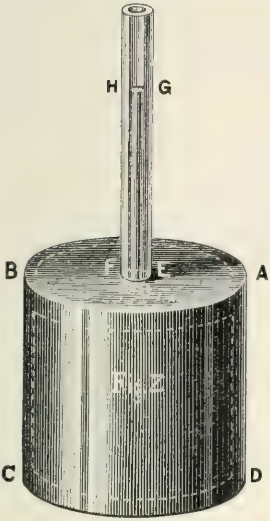
[3]) *Robert Hooke* F. R. S. Micrographia. London 1665 Am 23. November 1664 hat der Rat der R. S. angeordnet, dass dieses Buch bei den Druckern der Gesellschaft *Jo. Marty* und *Ja. Allestry* gedruckt werde (öff. Biblioth. h. c. I. 8.), unsere Stelle p. 37—39.

Einleitungsweise stellt *Hooke* einige Thesen auf über Wirkungen der Wärme, z. B. dass eingeschlossene Flüssigkeiten erwärmt, die stärksten Wände sprengen können. Hiebei spricht er den Satz aus: That Heat is a property of a body arising from the motion or agitation of its parts. Und weiterhin fährt er fort:

Das wird klar mittelst der geschlossenen Thermometer, die ich nach mehreren Versuchen zuletzt zu einem hohen Grade von Sicherheit und Empfindlichkeit gebracht habe: denn ich habe einige hergestellt mit Röhren, über vier Fuss lang, in denen die sich ausdehnende Flüssigkeit sich so weit verändert, dass sie nahezu bis zum obern Ende steigt in der Hitze des Sommers und fast bis zum Boden sinkt im kältesten Winter. Die Röhren, deren ich mich hierzu bediene, sind sehr dicke, gerade und gleichmässige Glasröhren mit engem Lumen und beides, Kopf und Kugel, habe ich absichtlich in der Glashütte aus demselben Glasfluss gemacht, aus dem auch die Röhren bestehen; diese kann ich leicht in der Flamme einer Lampe, erhitzt mittelst zweier Blasebälge, fest aneinander schmelzen. Auf diese Weise füge ich zuerst die Kugel an und dann fülle ich beide, Kugel und einen Teil der Röhre, je nach der Länge und der Temperatur der Jahreszeit mit dem besten rektifizierten Weingeist, tief gefärbt mit der lieblichen Farbe der Cochenille, die ich dunkler mache, indem ich einige Tropfen Ammoniak zugiesse, das nicht zu sehr rektifiziert sein darf, weil es geeignet ist, die Flüssigkeit gerinnen und an der engen Röhre ankleben zu machen. Diese Flüssigkeit habe ich durch Versuche als die beste unter allen Spirituosen erfunden und als solche, die durch die Änderungen der Wärme und Kälte empfindlicher berührt wird, als andere trägere und schwerere Flüssigkeiten und als fähig, eine tiefe Färbung anzunehmen und zu behalten, besser als irgend eine andere Flüssigkeit, und endlich (was sie noch annehmbarer macht) nicht Gefahr läuft, bei irgend einer bisher bekannten Temperatur zu gefrieren. Habe ich nun diese eingefüllt, so kann ich leicht in der vorerwähnten Lampenflamme auch den Kopf anschmelzen und mit der Röhre verbinden.

Was nun die Einteilung der Röhre anbelangt, so stelle ich fest, bevor die Einteilung der Röhre begonnen wird, bis wohin das Niveau der Flüssigkeit in der Röhre sich einstellt, wenn die Kugel in gewöhnlichem destilliertem Wasser steht, das im Begriffe ist zu gefrieren und wenn Eisnadeln anschiessen; diesen Punkt markiere ich an einem passenden Ort der Röhre, damit diese dann imstande sei, auch noch manche Grade von Kälte anzugeben unter dem Gefrierpunkt; den Rest meiner Einteilung über und unter diesem, den ich mit 0 (Null) bezeichne, ordne ich nach dem Grade der Ausdehnung oder Zusammenziehung der Flüssigkeit im Verhältnis zu der Menge, die sie beim Eispunkt aufweist. Und das erhält man sehr leicht und genau genug auf folgendem Wege:

Man stellt ein cylindrisches Gefäss her mit dünnen Silberplatten, A B C D der Figur Z, der Diameter A B des Innenraumes soll überall zwei Zoll haben und ebenso die Höhe des Gefässes B C; beide Seiten oben und unten sollen mit einer glatten und ebenen Platte aus derselben Substanz bedeckt werden, genau angelötet; in der Mitte der Deckplatte macht man ein ziemlich weites Loch F E, ungefähr ein Fünftel Durchmesser der Platte; in dieses füge man mit Cement befestigt eine gerade und ebenmässige Glasröhre E F G H, deren Lumen genau den zehnten Teil des Durchmessers des silbernen Cylinders misst. An dieser Röhre bringt man eine Marke an, G H, mit einem Diamant, so dass der Abstand G E genau zwei Zoll misst, also genau so viel als der Innenraum des grossen Cylinders; man teile dann die Länge E G genau in zehn gleiche Teile, so ist der Inhalt eines jeden dieser Teile der tausendste Teil des Inhaltes des Cylinders. Ist nun dieses Gefäss so gerüstet, so kann die Markierung und Graduierung des Thermometers leicht in folgender Weise bewerkstelligt werden:



Fülle dieses Cylindergefäss mit der gleichen Flüssigkeit, mit der das Thermometer gefüllt ist; dann stelle beide, das Gefäss und das Thermometer, das eingeteilt werden soll, in Wasser, das zu frieren beginnt, und bringe das Niveau der Flüssigkeit im Thermometer zu der ersten Marke 0 (Null); dann miss so viel Flüssigkeit in dem Cylindergefäss ab, dass das Niveau genau bis zum untern Ende des schmalen Glascylinders reicht; dann erwärme langsam und allmählich das Wasser, in dem beide, Cylindergefäss und Thermometer, eingetaucht sind und sowie du wahrnimmst, dass die gefärbte Flüssigkeit in beiden Röhren steigt, so markiere mit einem Diamant verschiedene Punkte auf der Thermometer-

Röhre an solchen Stellen, die beim Vergleichen der Ausdehnung in beiden Röhren mit den Teilstrichen des Cylindergefässes übereinstimmen. Sind auf diese Weise einige wenige Teilstriche gemacht, so kann der Rest der Röhre eingeteilt und jeder Teil der Skala mit ihrem Charakter bezeichnet werden.

Ein Thermometer, auf diese Weise hergestellt, ist dann das passendste Instrument, das als Standart für Hitze und Kälte ersonnen werden kann; denn, da es oben geschlossen ist, ist es keiner Veränderung und keinem Verderben unterworfen, auch unabhängig von den Veränderungen des Luftdrucks, denen alle andern, oben offenen Arten von Thermometern ausgesetzt sind."

Wir verkennen nicht, dass die von *Hooke* beschriebene Methode für die Tüchtigkeit des Experimentators zeugt, allein einwandfrei ist sie nicht, scheint auch in gleicher Weise später nicht mehr verwendet worden zu sein.

Schon die Erstellung des Probegefässes dürfte Schwierigkeiten begegnen, wenn die Röhre ein Lumen haben muss, das durch die ganze Länge genau gleich dem zehnten Teil des Gefässdurchmessers ist. Wenn hier ein kleiner Unterschied vorhanden ist, so enthalten zwei Zoll der Röhre nicht mehr den hundertsten Teil des Gefässes. Auch die ungleich schnelle Erwärmung des Metallgefässes und des Glasthermometers, die ungleiche Ausdehnung von Weingeist verschiedener Stärke, die ungleichmässige Ausdehnung des Weingeistes bei steigender Temperatur, alle diese Umstände bilden Fehlerquellen, die das Resultat beeinträchtigen. Nichtsdestoweniger ist während geraumer Zeit keine Methode angewandt worden, die bessere Resultate erzielt hätte; denn die für die Florentinerthermometer gewählten Punkte der grössten Winterkälte und der höchsten

Sommerwärme haben eine zu grosse Unsicherheit, um als feste gelten zu können; sie kommen aber noch bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts zur Anwendung. Aus *Hooke*'s Darstellung aber geht hervor, dass er den Schmelzpunkt des Eises als durchaus festen Punkt angesehen hat.

Als *Huygens* erfuhr, dass in England vergleichbare Thermometer erstellt und an verschiedene Personen verteilt worden seien, wünschte er auch ein solches zu erhalten und schrieb daher an *Moray*, am 21. November 1664. (Oeuvr. Bd. V, p. 150.)

Vous m'obligerez fort de m'envoier par occasion un tel thermometre que vous dites, je n'en ay jamais eu que de petits de cette sorte qui sont scellez hermetiquement. S'il y a quelque chose de plus dans la construction des grands vous m'en pourriez faire la description paravance.

Hierauf folgte der Brief von *R. Moray* vom 19. Dezember 1664. (Oeuvr. Bd. V, p. 168, 169.)

En regardant maintenant les autres passages de vostre lettre sur les quelles il me reste encore quelque chose a vous dire. Je trouve que J'ay a vous faire la description du thermomètre de Monsieur *Hook*. Je vous la feray donc en bref. Il prend un tuyau de verre de la longueur de deux pieds ou davantage, (il en a fait de trois pieds) de l'espaisseur de demiquart de poulce, le creux en dedans estant large de $^1/_{10}$ de poulce ou moins, et en y soudant une balle de verre de deux poulces de diametre ou environs en sorte qu'il y a communication entre le tuyau et la balle en dedans fort libre. Il remplit sa balle, comme je vous diray apres de lesprit de vin fort pur coloré rouge par le bois de Bresil, les grains du Cochenille ou chose semblable puis, en y soudant ou ioignant par la lampe une autre balle plus petite a lautre bout du tuyau en sorte qu'il ne respire point, il met le thermometre dans un chassis de bois, sur lequel sont marques les parties par lesquelles il veut comter les degrez de chaleur, commençant par le milieu du Tuyau. Le plus haut marquant la plus grande chaleur d'esté, et le plus bas le degré de froid qui fait de la glace. En voycy la figure sur la marche grossierement tiree: mais elle suffira pour vous le faire comprendre. Or ayant de longuemain fait un ou deux de ces thermometres dans l'esté et dans l'hiver lorsque les extremitez se pouvoyent observer, il met leau de vie dans ceux quil fait iusqu'à la hauteur qu'elle est dans ceux qui servent de reigle aux autres.

Auf der daneben gezeichneten Skala ist 0 in der Mitte und Grade sind nach oben und unten aufgetragen. *Hooke*'s Methode ist hier wenig genau dargestellt.

Unter dem 2. Januar 1665[1]) folgt die bemerkenswerte Antwort von *Huygens:*

Je vous remercie du thermometre que je croy fort juste et toutefois les petits de 6 ou 7 pouces ne sont pas a mepriser, parcequ'ils sont propres a faire des essais ou les grands ne pourroient pas servir, comme a mettre soubs une poule pour scavoir le degrè de chaleur qu'il faut pour esclorre les œufs, et en des choses semblables ou la grandeur incommoderoit. Monsieur *de Noyers* le Secretaire de la Reine de Pologne, qui m'a donnè autrefois un de ces petits, me dit que à Florence il en avoit vu qui estoient entortillez en spirale, ce qui sert pour avoir des grandes divisions dans un petit volume et rendre les thermometres portatifs. Il seroit bon de songer a une mesure universelle et determinee du froid et du chaud; en faisant premierement que la capacitè de la boule eut une certaine proportion a celle du tuyau, et puis prenant pour commencement le degrè de froid par lequel l'eau commence a geler, ou bien le degrè de chaud de l'eau bouillante, a fin que sans envoier de thermometres l'on peut se communiquer les degrez du chaud et du froid qu'on auroit trouvè dans les experiences, et les consigner a la posteritè.

---

[1]) Oeuvres Bd. p. V, 188.

Diese Antwort von *Huygens* zeigt uns, dass er von *Des Noyers* ein echtes Florentinerthermometer von der kleinern, bequemeren Art erhalten, daran aber feste Punkte vermisst hat. Aus seinem Vorschlag aber, wie man die Thermometer einteilen könnte, ausgehend entweder vom Gefrierpunkt *oder* vom Siedepunkt des Wassers unter Berücksichtigung der Kapazität der Röhre im Vergleich zu der der Kugel — aus diesem Vorschlag folgt, dass er nicht nur den Gefrierpunkt, sondern auch den Siedepunkt als fest angesehen hat. Da man nun mittelst der Florentinerthermometer den Siedepunkt des Wassers nicht bestimmen, seine Konstanz also auch nicht beobachten konnte, so bleibt die Frage offen, woher *Huygens* sich die Kenntnis dieser festen Temperatur mag verschafft haben. Sein Vorschlag fällt im Wesentlichen mit der Anordnung *Hooke*'s zusammen, gerade wie auch spätere Aufstellungen von Skalen, wie z. B. die von *Réaumur*. Dass *Huygens* selbst sich mit Herstellung von Thermometern nach dem von ihm angegebenen Prinzip befasst habe, wird uns nirgends berichtet; seinen Namen tragen keine Thermometer.

Überhaupt scheinen alle geschlossenen mit Weingeist gefüllten Thermometer bis in das folgende Jahrhundert hinein mit dem Namen Florentinerthermometer bezeichnet worden zu sein, und da sie weniger zu wissenschaftlicher Beobachtung als zu täglichem Gebrauche verwendet wurden, war der Anspruch auf Vergleichbarkeit nur bescheiden. Wenn nur jeder, der sein Thermometer besass, ihm entnehmen konnte, ob und in welchem Masse ungefähr die Temperatur in dem Raume, in dem das Instrument sich befand, geschwankt habe. Wahrscheinlich hängt mit diesem Gebrauche auch die verbreitete Einteilung zusammen, die ausging von einer erträglichen Mitteltemperatur (Tempéré) und nach beiden Seiten fortschritt zur höchsten Sommertemperatur und zur intensivsten Winterkälte. Es existieren wohl nicht mehr viele Florentinerthermometer dieser geringern Sorte; sonst wäre es interessant, sich von der Berechtigung der Klagen zu überzeugen, die von allen Seiten in Bezug auf deren Unzuverlässigkeit vernommen werden.

Die physikalische Sammlung des Bernoullianums besitzt unter ihren alten, nach und nach recht selten gewordenen Thermometern auch ein solches, angebracht neben einem Barometer. Es trägt die Überschrift: Thermometrum Academiae Florentinae und hat eine auf Papier gedruckte Skala, die nicht gerade besonderes Vertrauen erweckt. Um die Frage zu entscheiden, ob dieses Thermometer die Skala der Akademiker zeige oder eine andere, wurde das Instrument von dem Brette losgelöst und Herr Dr. *Henri Veillon* hatte die Freundlichkeit die Skala mit derjenigen eines Quecksilberthermometers C. zu vergleichen, d. h. zwei Punkte festzustellen, aus denen man annähernd den Charakter der Skala erschliessen konnte.

Er fand folgende Übereinstimmung:

40° Florenz = 40° C.
— 18° Florenz = 0° C.

Hienach fällt

0° Florenz = 12,4° C.,

d. h. auf Tempéré.

— 40° Florenz = — 15,2° C.

Wenn man nun 40° C. als höchste Sommerwärme, — 15,2 C. als intensivste Winterkälte ansehen kann, so wäre die Skala des Florentinerthermometers der Basler Sammlung:

Winterkälte:	Tempéré:	Sommerhitze:
— 40°	0°	+ 40°

Von dieser Skala, die ohne Berücksichtigung der ungleichen Ausdehnung von Weingeist und Quecksilber erhalten worden ist, ist nur ein kleiner Schritt zu der ersten Skala, mit der Fahrenheit seine ersten genauen Thermometer versehen hat:

Winterkälte:	Tempéré:	Sommerhitze:
— 90°	0°	+ 90°

Von diesen drei Stationen ist das Tempéré auf spätern Einteilungen immer wieder erschienen und heute noch nicht aus dem Gebrauche verschwunden.

8) Anwendung des Quecksilbers.

Als wichtigste Änderung, die im Laufe der Zeit an dem Florentinerthermometer angebracht worden ist, muss die Anwendung von Quecksilber angesehen werden. Alle gebräuchlichen und über die Länder verbreiteten Instrumente enthielten anfangs Weingeist, gefärbt oder ungefärbt; er eignete sich hiezu wegen seines grossen Ausdehnungskoeffizienten und seines niedrigen Gefrierpunktes. Der Nachteil der ungleichmässigen Ausdehnung bei verschieden hohen Temperaturen war zunächst noch unbekannt. Neben dem Weingeist begegnet man aber auch dem Weine, dem Wasser und selbst dem Quecksilber, letzterm freilich nur sehr vereinzelt und ohne Nachfolge. In der That findet sich die erste Spur einer solchen Verwendung schon bei den Akademikern del Cimento. In den Verhandlungen dieser Akademie, nämlich in den aus den Tagebüchern geschöpften Aggiunti, dem Supplement der Saggi, ist ein Versuch beschrieben, angestellt mit einem Wasser- und einem Quecksilberthermometer.[1]) Nachdem dargethan worden, dass es zur Erwärmung des Quecksilbers einer kleinern Wärmemenge bedürfe, als zu der gleich grossen Menge Wassers und dass die Erwärmung schneller erfolge, fährt der Bericht fort:

In altre esperienze, similmente ripetute più volte trovarono che immersi due termometri equali, uno dei quali a mercurio, l'altro ad acqua, nei liquidi stessi, il mercurio si muove il primo, ma percorre un tratto più breve, lo che essi espressero dicendo che è meno distraibile, cioè capace di minor dilatatione.

Aus diesem Versuche sind weitere Folgerungen nicht gezogen worden und es sind deshalb auch keine Thermometer, mit Quecksilber gefüllt, in allgemeinern Gebrauch gekommen. Ein solches ist jedoch in die Hände *Boulliau*'s gelangt, vielleicht von ihm selbst verfertigt und kurze Zeit beobachtet, dann aber als zu träge bei Seite gelegt worden.

Abbé Maze, der die Beobachtungen *Ismaïl Boulliau*'s aufgefunden und die Reise des Florentinerthermometers von Florenz über Polen nach Paris bekannt gemacht hat, berichtet folgendes[2]):

Sur le premier thermomètre à mercure. Dans l'histoire du thermomètre, écrite par *M. Renou* avec un soin et une érudition qu'on ne saurait contester, on lit: „*Fahrenheit* est le premier qui ait construit un thermomètre à mercure, etc. La date si intéressante pour les météorologistes, du thermomètre à mercure, peut donc être rapportée à 1721“. Or dès la fin de Mars

---

[1]) Aggiunti ai Saggi 1841. p. LXXIV.

[2]) C. R. CXX. p. 732—733. (1895.)

1659, ou 62 ans avant l'invention de Fahrenheit, *Ismaël Boulliau* employait un thermomètre à mercure concurremment avec son thermomètre de Florence. Ce thermomètre avait une échelle arbitraire, mais il nous a été possible de la déterminer en profitant de cette circonstance que les observations ont été faites comparativement avec d'autres pour lesquelles le thermomètre employé était celui de l'Academie del Cimento. Ayant constaté que le degré 6 est celui qui revient le plus souvent, nous en avons calculé la valeur par la méthode des moindres carrés. Cette valeur est 6,66 ° C., avec une erreur probable de 0,21 °. Malheureusement les observations donnant les autres degrés sont trop peu nombreuses pour qu'il y ait été possible de procéder de même à leur égard. Cependant la comparaison des moyennes nous a permis de fixer, avec une assez grande probabilité, la valeur du degré inconnu à 10,07 ° C., ce qui met le Zéro de cette échelle à — 53,76 ° C. La température de la glace fondante serait de 5,34 ° C., et celle de l'eau bouillante 15,27 ° C.

Il est probable que ce degré, qui en représente plus de dix des nôtres, était indiqué par une distance linéaire assez courte; ce qui explique comment le même degré mercuriel peut avoir été noté comme équivalant tantôt à un degré, tantôt à un autre du thermomètre del Cimento. Cela nous fait aussi comprendre pourquoi, *après six semaines, Boulliau cessa de consulter régulièrement ce thermomètre paresseux et presque sans variations.* Il est possible aussi que le souvenir de cet échec soit pour quelque chose dans la préférence que, pendant longtemps, les savants français ont donné à l'alcool comme liquide thermométrique.

Es ist nicht zu bestreiten, dass hier der Versuch vorliegt, Quecksilber als thermometrische Substanz zu

verwenden, aber ein im Ganzen misslungener, indem *Boulliau* weiter keinen Gebrauch von diesem Instrumente gemacht hat. Wahrscheinlich wurde eine Weingeistthermometerröhre mit Quecksilber gefüllt, das nun bei dem 5 bis 6 mal kleinern Ausdehnungskoeffizienten des Quecksilbers einen ebensoviel mal kleinern Ausschlag geben musste als das Weingeistthermometer.

Zur Unterstützung der Behauptung, dass Quecksilber schon nach der Mitte des 17. Jahrhunderts angewandt worden sei, wird etwa noch angeführt, dass im Programm der Aufgaben der zu gründenden französischen Akademie vorkomme: Observer les fenomenes du Ciel et de la Terre par le moyen des *Thermometres du vif argent* etc.

Wir haben diese bemerkenswerte Stelle etwas genauer anzusehen: [1]

Am 6. April 1663 schreibt *Chr. Huygens* an *Lodewijk Huygens* von Paris aus:

Monsieur de *Montmor* accompagné de l'Abbe *Charles* et Monsieur *Sorbiere* me vinrent visiter, qui m'ont prié que je me trouvasse Mardy qui vient (le 10 Avril) à l'assemblee pour entendre les nouvelles loix et ordonnances que l'on y va establir.

Hieran schliesst sich ein Schriftstück à *Christiaan Huygens* (No. 1105) betitelt: Projet de la Compagnie des Sciences et des Arts, in dem die Aufgaben der zukünftigen Gesellschaft aufgezählt werden, und unter ihnen (p. 327):

La Compagnie entretiendra commerce avec toutes les autres Academies et avec tous les sçavants de tous les Pays. Pour s'instruire reciproquement de ce qu'il y a de particulier dans la Nature et dans les arts, et de ce qui se fera de nouveau touchant les Livres et les sciences, Et pour observer par ce moyen en tous les Lieux, les Saisons les vents, le plus grand chaud, le plus grand froid, la declinaison de l'Aimant, les flux et reflux des Mers, les Eclipses, les Cometes, les meteores et les autres fenomenes du Ciel et de la Terre par les moyen des Thermometres du vifargent, des pendules et de tout les autres instruments necessaires pour pouvoir en suitte faire une histoire de la Nature la plus universelle qui soit possible, sur la quelle comme sur de solides fondemens on puisse travailler à bastir une Physique etc.

---

[1] Huygens, Oeuvres compl. Bd. IV, p. 323.—325. 327.

Zieht man, was sprachlich unrichtig ist, Thermometres und du vif argent zusammen, so klingt die Stelle wirklich so, als sollten Beobachtungen mit Quecksilberthermometern angestellt werden; trennt man aber die beiden, so muss jedem eine besondere Bedeutung zukommen, und da bietet sich sogleich die Erklärung, dass mit *Vif argent* die Quecksilbersäule des *Torricelli*'schen Versuches gemeint sein muss. Die Stelle heisst also: „mittelst Thermometern, Quecksilbersäulen, Pendeln und allen andern Instrumenten etc.“ Man hatte eben für das Instrument des *Torricelli*'schen Versuches noch keinen besondern Namen; denn der namentlich in England gebräuchliche Name: Wetterglas, wurde für das Thermometer gebraucht. *Boyle* braucht (1665) in seinen Experiments touching Cold (z. B. p. 19. 23. 26) den Ausdruck: Mercurial Cylinder in the Torricellian Experiment.

Zum erstenmal begegne ich dort (p. 27) dem Namen *Barometer*, wobei *Boyle* beifügt: if to avoid Circumlocutions I may so call the whole Instrument, wherein a Mercurial Cylinder of 29 or 30 Inches is kept suspended after te manner of the Torricellian Experiment.

Zu bemerken ist übrigens, dass der Irrtum wohl daraus entsprungen ist, weil Thermometres und du vif argent nicht durch ein Komma getrennt sind.

Es fällt also auch dieses Argument für eine frühe Verwendung des Quecksilbers zu thermometrischen Zwecken dahin.

Erst mit *E. Halley* beginnt die wissenschaftliche Untersuchung des Quecksilbers in Beziehung auf dessen Ausdehnung, bezw. Verwendung als thermometrische Substanz.[1] Seine Absicht war die Mittel zu suchen, durch die man übereinstimmende Thermometer erstellen könne, ohne Vergleichung mit einem Normalthermometer. Zu diesem Behufe untersuchte er das Verhalten verschiedener Flüssigkeiten bei Erwärmung und Abkühlung, darunter auch das Quecksilber. Er fand, dass dieses bis zum Siedepunkt des Wassers (wahrscheinlich vom Eispunkte an gerechnet) sich um den 74. Teil ausdehne, dass es auf gleicher Höhe bleibe, so lange das Wasser im Kochen erhalten wurde und dass es die Temperatur der Umgebung rasch annehme und verliere. Diese Eigenschaft würde das Quecksilber als thermometrische Flüssigkeit empfehlen, wenn nur seine Ausdehnung beträchtlicher wäre. Allen barometrischen Beobachtungen, die nicht mit thermometrischen zusammengehen, sprach er nur einen bedingten Wert zu, weil die Quecksilbersäule bei gleichem Luftdruck, aber verschiedener Temperatur, bald grösser, bald kleiner sein müsse. *Halley* hat also die auch von frühern Forschern geahnte oder angenommene Konstanz des Siedepunktes des Wassers erkannt und Quecksilber bedingt als thermometrische Substanz empfohlen; den Gefrierpunkt hielt er für einen kaum genau zu bestimmenden (p. 656).

Das Quecksilber hat denn auch Anwendung gefunden durch *Christian Wolf*[1]), der folgende Beschreibung gibt:

---

[1] Phil. Transact. No. 197 p. 650--656. 1688.

Thermoscopium aliud construere.

Resolutio. 1) Assumatur globus vitreus Mercurio plenus colloque longiore instructus et aquæ in olla contentæ totus immittatur. 2) Mox sub olla excitetur flamma, cumque aqua ebullit, tubus prope gradum, ubi tum hæret Mercurius, hermetice sigilletur.

Demonstratio. Mercurius enim refrigeratus denuo descendit in globum, adeoque tubus vacuus relinquitur.

Iam si calor externi æris globum ambientis augetur, Mercurius rarefit et in collum ascendit et caloris incrementum indicat. Est ergo thermoscopium.

Scholion I. Thermoscopium hoc vel hieme replendum est, vel aliquid Mercurii in tubo relinquendum, antequam immittatur, ne ullus occurrat frigoris gradus non notandus.

Scholion III. Ceterum hoc thermoscopium iisdem defectibus laborat, quibus Florentinum, minus tamen sensibiliter mutationes caloris in aëre indicat. Usus ejus ex subsequentibus mox elucesset.

Diesem Versuche möchte ich doch keine zu grosse Bedeutung beimessen; denn es scheint dass das *Wolf*'sche Thermometer nicht wesentlich besser beschaffen gewesen sei, als das, mit welchem *Boulliau* während einiger Wochen Beobachtungen angestellt hat; denn da Wolf sagt „minus tamen sensibiliter mutationes caloris in aëre indicat“, so hat er offenbar nicht ein Thermometer gemacht, bei dem das Verhältnis der Röhre zur Kugel ein passendes war; er hätte sonst beobachten müssen, dass ein Quecksilberthermometer eher empfindlicher ist, als ein Weingeistthermometer. Dass *Wolf* übrigens das Quecksilberthermometer nicht zu allgemeinerer Verwendung gebracht hat, geht daraus hervor, dass er schon in der Ausgabe seiner Werke vom Jahre 1713, in der Aërometrie, die einen Abschnitt der Elementa Matheseos universæ bildet, und in ihrem Caput VII die Wärmemessung behandelt, von dem Quecksilber nicht mehr spricht. Dem Florentinerthermometer spricht er den Charakter eines Messinstrumentes ab „quoniam ratio caloris hodierni ad hesternum non indicatur, instrumentum calorem non metitur, adeoque Thermometrum non est.“[1])

---

[1]) Aërometriæ Elem. Lips. 1709. Prop. LXXIV Probl. XXXVI.

Hiemit begegnen wir nun zeitlich demjenigen Physiker, der sich um die Herstellung und Verbreitung guter, vergleichbarer, eine deutliche Sprache sprechender Instrumente die grössten Verdienste erworben hat: ***Daniel Gabriel Fahrenheit***, der ohne allen Zweifel dem Quecksilber in der Thermometrie eine Bedeutung verschafft hat, die ihr keine spätere Zeit weder geraubt hat, noch rauben wird. Von den verschiedenen Skalen werden wir in einem folgenden Abschnitte zu reden haben. Hier mögen nur diejenigen Notizen angeführt werden, die uns über die Verwendung des Quecksilbers Aufschluss erteilen.

Die relative Festigkeit des Wassersiedepunktes war durch *E. Halley* festgestellt; mit einer Art von Luftthermometer wurde diese von *Amontons* ebenfalls gefunden,[2]) zugleich mit andern für die Physik der Luft wichtigen Thatsachen. An *Amontons* schliesst nun *Fahrenheit* an in einer Mitteilung, die er im Jahre 1724 in den Philosophical Transactions No. 381 I veröffentlicht hat. Sie hat folgenden Wortlaut:[3])

---

[1]) Tom I. pag. 778.

[2]) Mém. d. l'Acad. 1699 p. 112; 1702 p. 167; 1703 p. 50.

[3]) Phil. Trans. 1724. No. 381. I.

Experimenta circa gradum caloris liquorum non nullorum ebullientium instituta A. *Daniele Gabr. Fahrenheit* R. S. S.

Cum elapsis abhinc circiter decem annis in Historia Societatis Regiæ Parisiensis legissem, quod celeberrimus *Amontonius*, ope alicujus thermometri ab eo inventi, detexisset, *aquam fixo caloris gradu ebullire:* statim magno accendebar desiderio, thermometrum ejusmodi mihimet ipsi præparare, ut pulchrum hocce naturæ phænomenon mihi oculis perlustrare liceret, et de veritate experimenti convictus essem.

Quapropter thermometri structuram quidem tentabam, sed ob habitudinis sufficientis in elaboratione illius defectum, vana erant conamina, licet saepius iterata; et quoniam etiam alia negotia prohibebant thermometri elaborationi magis insistere, oportuniori repetitionem illius dedicabam tempori. Cum defectu virium atque temporis ardor non languescebat, æque avidus enim experimenti exitum videndi manebam. In mentem autem mihi veniebant ea, quæ solertissimus ille rerum naturalium scrutator de rectificatione barometrorum scripserat; observaverat enim altitudinem columnæ mercurialis in barometro a vario temperamento mercurii aliquantulum (satis sensibiliter tamen) turbari. Ex his rebar, quod thermometrum fortasse e mercurio construi possit, cujus structura non adeo difficilis foret, et cujus tamen ope experimentum maxime a me desideratum explorare liceret.

Præparato ejusmodi thermometro (licet in multis adhuc imperfecto) voto tamen meo eventus respondebat; magna enim animi voluptate rei veritatem contemplabar.

Tres jam erant anni elapsi, in quibus opticis aliisque incubuissem laboribus, cum cupidus fierem experimentis explorare, an etiam alii liquores fixo ebullituri essent gradu caloris. Exitus experimentorum sequenti continetur tabula, cujus prima columna exhibet liquores adhibitos; secunda illorum gravitatem specificam; tertia gradum caloris, ad quem unusquisque liquor ebulliendo pertigit.

Liquores	Gravitas specifica liquorum ad 48 gr. calidorum	Gradus ebullitione acquisiti
Spiritus vel Alcohol vini . .	8260	176
Aqua pluvia	10000	212
Spiritus nitri	12935	242
Lixivium cineris clavellati . .	15634	240
Oleum Vitrioli	18775	546

Gravitatem specificam cujuscunque liquoris addendum necesse judicavi, ut si aliorum experimenta jam instituta, vel adhuc instituenda, a memoratis differrent, colligi possit, an e variatione gravitatis specifica, vel ex aliis differentia petenda sit causis. Experimenta præterea non eodem tempore sunt facta, et inde etiam liquores vario temperamenti vel caloris gradu erant affecti. sed quoniam illorum gravitas diversimode et inaequaliter turbatur, calculo illorum gravitatem ad 48 gradum (qui in thermometris meis medium tenet locum inter terminum intensissimi frigoris, arte commixtione aquæ, glaciei, salisque Armoniaci, vel etiam maritimi, confecti, et inter terminum caloris qui in sanguine hominis sani reperitur) revocavi.

Aus der Darstellung Fahrenheits kann nicht mit Bestimmtheit ein Jahr ermittelt werden, in dem er zuerst Quecksilber als thermometrische Substanz angewendet hat; es herrscht auch bei den verschiedenen Autoren hierin keine Übereinstimmung; so verlegt *Musschenbroeck*[1]) dies in das Jahr 1709, was unmöglich

---

[1]) Musschenbroek. Introd. ad phil. nat II. § 1568.

ist, während andere in das Jahr 1714 und wieder andere in das Jahr 1721. Diese Angaben erscheinen unrichtig.

Vor 1714 kann es nicht geschehen sein, da er im Jahre 1724 berichtet, es sei ihm vor 10 Jahren bekannt geworden, dass das Wasser bei einer bestimmten Temperatur siede und dass er sich gerne von dieser Thatsache selbst überzeugt hätte, dass ihm aber seine Versuche misslungen seien, ohne Zweifel, weil er nur Weingeistthermometer hiezu benützte. Später sei ihm der Gedanke gekommen, wenn nach *Amontons* die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer einigermassen von der Temperatur abhänge, so müsste auch aus Quecksilber ein Thermometer konstruiert werden können. Mit einem noch unvollkommenen Instrument dieser Art hat er sich von der Richtigkeit der Thatsache (der Konstanz des Siedepunktes) überzeugt. Nach weitern drei Jahren beobachtete er die Beständigkeit der Siedepunkte anderer Flüssigkeiten. Wir werden daher nicht weit fehlen, wenn wir die Entstehung der guten und vollkommenen Quecksilberthermometer in die Zeit um 1718 verlegen.

Im Jahre 1714 übergab *Fahrenheit* an *Christian Wolf*[1]) in Halle zwei Thermometer, gefüllt mit blau gefärbtem Weingeist. Die Röhre war in 26 gleiche Teile geteilt, von denen jede wieder 4 Unterabteilungen hatte. Von dieser Einteilung, über die in den Act. Erudit. a⁰ 1714 p. 380. 381 berichtet wird, soll später noch gesprochen werden.

Die Fahrenheit'schen Thermometer, sowohl die mit Weingeist als die mit Quecksilber gefüllten, die noch dadurch vervollkommnet wurden, dass *Fahrenheit* die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Luftdruck entdeckte, wurden allgemein bewundert und allen andern Fabrikaten vorgezogen.

---

[1]) Act. Erud. Lips. 1714. p. 380; V. Swinden p. 42.

So berichtet *Désaguliers*[1]: Ces dernières années on fait usage du vif argent dans les thermomètres et l'on a trouvé qu'ils étaient plus utiles que tous les autres . . . . On doit regarder *Farenheit* d'Amsterdam comme l'inventeur de ce thermomètre et quoique *Prins* et quelques autres en Angleterre, en Hollande, en France et en d'autres pays ayent fait de pareils instruments, comme *Farenheit*, nous les appellerons toujours Thermomètres de *Farenheit*, voyant que le Docteur *Boerhaave* ne s'est servi que de ce thermomètre, et que la plupart des thermomètres à vif argent ont été gradués sur cette échelle.

Musschenbroek aber schreibt an dem angeführten Orte:

Cognitis his vitiis, mercurius meliori ratione quam vini spiritus in usum vocatur, de quo substituendo primus auctor fuit *Halleyus* Anno 1680, verum *Fahrenheytius* anno 1709 mercurialia thermometra fabrefacere et divulgare coepit: et deinde poliendo ulterius perfecit. Mercurius purus, quantum huc usque a memorato tempore observare licuit, æque dilatabilis, immutatus et liquoris æterni in Belgio, Gallia, Anglia, licet forte non in Russia perstitit, quod præcipuum est. Accedit, quod mercurius in pari volumine longe celerius ab eodem calore afficiatur, quam spiritus vini rectificatus, aut Alcohol, aut quodcunque aliud cognitum fluidum (aëre excepto). Mercurius etiam omnium citissime refrigeratur.

Und an einer andren Stelle:[2]) Sunt hæc Thermoscopia omnium huc usque cognitorum præstantissimi,

---

1) Désaguliers. Cours d. phys. exp. Trad. p. Pezenas S. I. Vol. II. Leç. X. 34. p. 328.

2) Tent. Ac. Cim. Addit. p. 13 (1731).

quæ æquabilissime moventur, satis sensibilia sunt, atque longe pluribus inserviunt experimentis, quam quæ spiritum vini, ærem aliudve fluidum continent, aut etiam magis composita sunt, veluti est Amontonsianum.

Boerhaave führt das Fahrenheit'sche Instrument mit folgenden Worten ein:[1])

Thermometrum hoc elegantissimum quod ex votis meis perfecit ingeniosissimus in mechanicis artifex *Daniel Gabriel Fahrenheit.*

Weiterhin:

Vos adite fontem, læti discite et grati, quæ super hac re ipse (Amontonius) commentatus est in monumentis Regiæ Scientiarum. Inde enim discetis, Egregium hunc virum re demonstrasse, quod Aqua Igne calefacta eo usque, ut vere ebulliat, dein auctiori Igne apposito quocunque nunquam adigi posse, ut plus calescat. Attamen hoc nobile Inventum notabili sane observatione amplificandum est, quam subtiliter invenit industrius *Fahrenheitius. Ille enim detexit, quod calor aquae ejusdem ebullientis semper major sit constanti lege, quando ebullientis aquae superficies premitur graviori pondere Atmosphaerae; rursumque idem calor diminuatur ebullienti aquae, quoties pondus atmosphaerae imminuitur.* Igitur in gradu caloris aquæ ferventis designando apprime necessarium est, ut adnotetur simul pondus aëris eo tempore in Barometro quum aliter nihil certi scribatur etc.

Endlich: utamini tum, commendo, illis pulcherrimis Thermometris Fahrenheitianis, quae de Mercurio conficit.

Als Nachteil des Weingeistes pflegte angeführt zu werden, dass in den von *Maupertuis*[2]) bei der arktischen Gradmessung verwendeten Weingeistthermometern im

---

[1]) Boerhaave El. Chem. I 2. p. 170.

[2]) Maupertuis: La Figure de la Terre. Paris 1738. p. 58.

Januar 1737 die Flüssigkeit gefroren sei, als die Quecksilberthermometer nach *Réaumur* auf 37° unter 0° gesunken waren; die Skala entsprach nicht derjenigen, die wir heute, wenn auch mit Unrecht, nach *Réaumur* benennen. Die Entdeckung, dass das Quecksilber bei tiefer Temperatur auch erstarre, verdankt man dem Petersburger Akademiker *J. A. Braun*[1]), der in einem Kältegemisch am 14. Dezember 1759 das Quecksilber zum Gefrieren gebracht hat. An diesem Tage fiel eine Kälte ein, wie sie mit Sicherheit nie in Petersburg beobachtet worden war; denn zwischen 9—10 Uhr vormittags zeigte das Thermometer *(De l'Isle)* 205 Grade; dies entspricht — 35,5° C. Die Temperaturen des Kältegemisches sind in Zahlen ausgedrückt, die der Wirklichkeit nicht entsprechen können (nämlich bis 470° De l'Isle, was = — 213° C.) Dass vorher schon vermutet wurde, in Sibirien seien auch Barometer und Thermometer gefroren, erzählt *Braun* selbst.

Aus der vorausgehenden Darstellung geht hervor, dass schon in der Jugendzeit der geschlossenen Thermometer Versuche mit Quecksilber gemacht, dass diese aber wegen des geringen Ausdehnungskoeffizienten oder der damit verbundenen Unempfindlichkeit bald aufgegeben worden sind. Erst *Fahrenheit*, der geübte Glastechniker, und der genaue Beobachter physikalischer Vorgänge, brachte es dahin, die Qualitäten des Quecksilbers zu thermometrischen Zwecken zu verwenden und damit das Instrument zu schaffen, dessen wir uns heute bedienen. Die Herstellung der Skala wird Gegenstand des folgenden Abschnittes sein.

9) Fahrenheits Skalen.

Unter den heute im allgemeinen Gebrauch stehenden Thermometerskalen nimmt die von *Fahrenheit* in sofern eine abweichende Stellung ein, als der Ausgangspunkt der Skala nicht der Schmelzpunkt des Eises ist, sondern namhaft unter ihm sich befindet und zwar so, dass er um 32 von den Graden unter dem Schmelzpunkt liegt, die man erhält, wenn man den Fundamentalabstand zwischen Schmelzpunkt und Siedepunkt bei 760 Millimeter Luftdruck in 180 gleiche Teile teilt. Dass *Fahrenheit* selbst seine Skala anders abgeleitet hat, werden wir im folgenden mitzuteilen haben. Für alle diejenigen, die gewohnt sind, sich der 80 oder 100teiligen Skala zu bedienen, hat die *Fahrenheit*'sche Skala etwas befremdendes, fast sonderbares. Wie ist *Fahrenheit* zu dieser Skale gekommen?

---

[1]) Nov. com Petrop. Vol. XI. p. 273.

Die seltsamste Antwort auf diese Frage hat in neuerer Zeit ein Engländer *Samuel Wilks* gegeben, der in British Medical Journal 1900, 20. October, No. 2077 pag. 1212 folgendes schreibt:

My best endeavours made for many years have altogether failed in obtaining an authentic account or reason as to the principle on which Fahrenheit constructed his well-known scale, which is now universally used in England. No mention of its meaning is to be found in any work on natural philosophy or chemistry with which I am acquainted, and I have not yet met with a professor (and I have interrogated some of the most distinguished) who could give me any information about it. Most of them admitted that they were quite ignorant of its origin, an two surmised that the number 180, marking the degree between freezing and boiling had something to do with the half circle. My friend, Mr. Stromeyer, an engineer, told me some time ago that he believed the scale was made from the temperature of the blood, an probably this information was gained from the Encyclopaedia Britanica, to which I shall presently refer.

Sir Isaak Newton's Scale. I should have taken no further trouble in the matter had not my interest in it been again revived by reading a paper in the Philosophical Transactions for the year 1701, in which it is proposed to make a thermometer founded on the temperature of the human body. The paper is anonymous, but I believe it is the opinion of *Lord Kelvin* that it was written by no less a man than Sir *Isaak Newton.*

The paper in the Philosophical Transactions supposed to be written by Newton is to be found in Vol. XXII pag. 824. April 1701.

Hier folgt nun die Beschreibung des Newton'schen Leinölthermometers und dessen Skale, die auf zwei festen Punkten beruht, nämlich der Temperatur des schmelzenden Schnees 0° und der Blutwärme des Menschen 12°; durch Auftragen weiterer Skalenteile gelangt man bei 34° zum Siedepunkt des Wassers. Von einer Berücksichtigung des Luftdrucks ist nicht die Rede. Näheres über diese Skale folgt weiter unten.

Nun fährt Samuel Wilks fort:

A few years after the publication ot this paper *Fahrenheit* made his thermometer, and followed *Newton* by making the temperature of the body his first resting place, counting upwards and downwards from this fixed point. Whether he knew of Newton's essay I am not aware, but in all probability he did. He found he could get a greater cold than that of freezing water by mixing together ice and salt. This point, he made his zero. He thought also that it would be better if he enlarged the scale by doubling the numbers, and making that of the body 24 instead of 12, starting of course from his own zero. This made the freezing point 8 and the boiling point 53, which, as his predecessor has said, was about three times that of the human body. His scale then stood thus: Zero that of ice and salt mixed, 8° for freezing, 24° for human body, and 53° for boiling. He then further extendet the scale by dividing each degree into four parts, so if it is multiplied by four we have the scale now in use, 32° for freezing, 96° for the body, and 212° for boiling. In this way the thermometer seems to have been evolved. Subsequently these degrees were still found to be too large for accurate measurement, and so were divided into ten parts each. This is a modern innovation, for the decimal system did not come into vogue for many years after *Fahrenheits* time.

This information is gained from Encyclopaedia Britanica, and I apprehend that the writer of the article must have obtained it from authentic sources — from the writings of *Fahrenheit* himself or from some of its contemporaries. *This thermometer, which I always regarded as an abomination, is now looked upon by me with a great and two-fold interest.*

Im Anschluss führt er noch eine andere Erklärung an, die er aber verwirft. Er bemerkt weiter:

I cannot but hope that it is correct, for I must admit that to a certain extent „my wish is father to the thought.“ For the future, whenever I see a thermometer in use to mark the temperature of the body, I shal be reminded, that it was first used for this purpose in order to mark the starting point of the scale from which all other temperatures were to be reckoned. At the same time there will be the pleasing remembrance that it was our great Newton who, in all probability, suggested the temperature of the body as the starting or determinate point in the thermometer, and marking it by the round number 12.

Wilk's Kombination lässt sich in folgender Weise zusammenfassen:

Weil der eine Punkt der *Fahrenheit*'schen Skale derselbe ist, den *Newton* auch angewendet hat, nämlich die Blutwärme eines gesunden Menschen, weil ferner *Newton* diesen Punkt vom Gefrierpunkt an gerechnet mit 12 bezeichnet, *Fahrenheit* aber von einem viel tiefern Punkte ausgehend diesen Punkt mit 24 bezeichnet, so ist offenbar *Fahrenheit* von *Newton* abhängig und die sonst abscheuliche Skale der in England und Amerika gebräuchlichen Thermometer wird zu einem Gegenstande der Bewunderung.

Eine kühle, nicht national gefärbte Betrachtung des Bestandes der Dinge führt zu anderm Schlusse.

Newton erwähnt zum ersten Male Temperaturen ganz allgemein in seinem grossen Werke, den Prinzipien, und zwar in der Ausgabe von 1687 p. 498. 499.

Ideoque cum distantia Cometæ a sole Dec. 8. ubi in Perihelio versabatur, esset ad distantiam Terræ a Sole ut 6 ad 1000 circiter, calor Solis apud Cometam eo tempore erat ad calorem Solis æstivi apud nos ut 1000000 ad 36 seu 28000 ad 1. *Sed calor aquæ ebullientis est quasi triplo major quam calor quem terra arrida concipit ad æstivum Solem; ut expertus sum:* et calor ferri candentis (si recte conjector) quasi triplo vel quadruplo major quam calor aquæ ebullientis; adeoque calor quem terra arida apud Cometam in perihelio versantem ex radiis Solaribus concipere posset, quasi 2000 vicibus major quam calor ferri candentis. Tanto autem calore vapores et exhalationes, omnisque materia volatilis statim consumi ac dissipari debuissent.

Wenn *Newton* sagt: ut expertus sum, so müssen diese Angaben auf bestimmten Beobachtungen beruhen; der Ausgangspunkt kann kein anderer sein, als der Gefrierpunkt oder der Schmelzpunkt und die Beobachtungen können nicht mit einem Weingeistthermometer angestellt sein, sondern es bedurfte dazu wahrscheinlich schon des Leinölthermometers und des glühenden Eisens, von denen er in dem berühmten anonymen Aufsatze in den Philosophical Transactions 1701. 270 spricht. Als fest sieht *Newton* nach obiger Notiz an den Gefrierpunkt, die höchste Sommerwärme und den Siedepunkt des Wassers. Letzteres mit einer gewissen Einschränkung. Die Festigkeit dieser drei Punkte hat aber nicht *Newton* zuerst oder allein erkannt, vielmehr wissen wir, dass diese Kenntnis bis in die Zeit der Akademiker del Cimento und *Huygens* zurückreicht und also nicht ein besonderes Verdienst *Newtons* involviert. Und was die Blutwärme des gesunden Menschen anbelangt, so wurde diese später von *Newton* an die Stelle der höchsten Sommerwärme gesetzt, wie denn auch der frühere Akademiker *A. Borelli* die Übereinstimmung dieser beiden Temperaturen bei einem grössern Säugetier durch direkten Versuch ermittelt hat. Er teilt mit[1]:

Ut exacte gradum caloris cordis agnoscerem, Pisis vivi cervi pectus aperiri curavi, et subito jussi thermometrum per cicatricem intra cordis sinistrum ventriculum insinuari: et vidi maximum gradum caliditatis non excessisse gradus 40, quantus esse solet apud nos gradus caliditatis solis æstivi. Et postquam similibus thermometris mensuravi gradum caloris jecoris, pulmonum et intestinarum in eodem cervo vivo, patuit eodem gradu caloris foveri cor, ac viscera reliqua.

Newton hat keinen neuen festen Punkt aufgefunden, der zur Einteilung der Thermometerskale geeignet gewesen wäre, aber eine Flüssigkeit angewendet, die zu der von ihm beabsichtigten Untersuchung recht dienlich, zu allgemeinerem Gebrauche nie gekommen ist und hat durch eine höchst sinnreiche Verknüpfung mit einem sich abkühlenden Körper Temperaturen bestimmen können, die vor ihm unnahbar waren.

---

[1]) Borelli. De motu animalium. 1685. II. Cap. VIII prop. XCVI pg. 137. 138.

Und dass der Engländer zur Einteilung eines gewissen Abstandes sich der Zahl 12 bediente, ist selbstverständlich.

Es ist niemals bezweifelt worden, dass der anonyme Aufsatz in den Philosophical Transactions[1]) von *Newton* stamme. In den vergleichenden Übersichten der Thermometer des 18. Jahrhunderts erscheint das Leinölinstrument nie anders als mit den Namen *Newtons* und in die Sammlung *Newton*'scher kleiner Schriften von *Joh. Castilioneus* 1744. op. XXI. p. 422 ist die anonyme Arbeit aufgenommen. Die Autorität von *Lord Kelvin* trägt zu dieser Kunde nichts bei.

Aus diesem Aufsatz erfahren wir, dass Newton den Siedepunkt des Wassers nicht als einen ganz festen angesehen hat; denn in der Scala graduum caloris führt er bei 34° an:

Calor quo aqua vehementer ebullit et mistura duarum partium plumbi, trium partium stanni et quinque partium bismuti defervendo rigescit. Incipit aqua ebullire calore partium 33 et calorem partium 34½ ebulliendo vix concipit. Ferrum vero defervescens calore partium 35 vel 36 ubi aqua calida & 37, ubi frigida in ipsum guttatim incidit, desinit ebullitionem excitare.

Und weiterhin:

Primum igitur per Thermometrum ex oleo lini constructum inveni, quod si oleum ubi Thermometer in nive liquescente locabatur occupabat spatium partium 10000, idem oleum calore primi gradus seu corporis humani rarefactum occupabat spatium 10256 et calore aquæ jamjam ebullire incipientis spatium 10705 et calore aquæ vehementer ebullientis spatium 10725, et calore stanni liquefacti defervientis ubi incipit rigescere et consistentiam amalgamatis induere spatium 11516 et ubi omnino rigescit spatium 11496. Igitur oleum rarefactum fuit ad dilatatum in ratione 40 ad 39 per calorem corporis humani, in ratione 15 ad 14 per calorem stanni defervientis ubi incipit coagulari et rigescere, et in ratione 23 ad 20 per calorem quo stannum deferviens omnino rigescit. Rarefactio æris æquali calore fuit decuplo major quam rarefactio olei, et rarefactio olei quasi quindecim vicibus major quam rarefactio spiritus vini. Et ex his inventis ponendo calores olei ipsius rarefactioni proportionales et pro calore corporis humani scribendo partes 12 prodiit calor aquæ ubi incipit ebullire partium 33 et ubi vehementius ebullit partium 34; et calor stanni ubi vel liquescit vel deferviendo incipit rigescere et consistentiam amalgamatis induere prodiit partium 72, et ubi defervendo rigescit et induratur partium 70.

---

[1]) Phil. Trans. 1701. Nr. 270.

So lange der Siedepunkt des Wassers durch Eintauchen des Thermometers in die kochende Flüssigkeit und ohne Berücksichtigung des Luftdruckes bestimmt wurde, konnte wohl eine gewisse Unsicherheit konstatiert werden; daher spricht diese eher für Genauigkeit der Beobachtung als für das Gegenteil; doch hätte auch die Körperwärme in gleicher Weise ein unsicheres Resultat ausweisen sollen, da auch sie zwischen gewissen Grenzen schwankt.

Um zu untersuchen, ob und in wie weit *Fahrenheits* Skale von der Skale *Newtons* abhängig sei, müssen wir die erstere möglichst weit zurückverfolgen.

Der am 24. Mai 1686 in Danzig geborene *Daniel Gabriel Fahrenheit* war genötigt nach dem 1701 erfolgten Tode seines Vaters in Amsterdam von 1702 an die Handlung zu erlernen; dort hat er nach dem Berichte eines Zeitgenossen die vier stipulierten Jahre „ausgestanden.“ Sein Trieb zu den Studien war mächtiger als der äussere Zwang. „Zu dem Ende that er viele beschwerliche Reisen zu Wasser und zu Lande, konferierte mit den berühmtesten Mathematikern in Dänemark und Schweden, verschickte seine Instrumente nach Ysland, Capland und nach anderen Orten, von wannen ihm die von curieusen Leuten gemachten Observationes nach Amsterdam überschickt wurden; wie denn notorisch, dass er bereits anno 1709 in dem harten Winter sehr merkwürdige Remarques vermittelst seiner Wettergläser gemacht hat.“

Welcher Art sind nun diese Thermometer gewesen?

Von den Instrumenten, die in die früheste Arbeitszeit des jungen *Fahrenheit* zurückführen, wird behauptet, dass sie mit den spätern in befriedigender Übereinstimmung gewesen seien. Die Skale aber, mit der sie versehen waren, hatte, entsprechend der Skale der verkäuflichen Florentinerthermometer, in der Mitte ein 0°, Tempéré, und zählte sowohl nach der grössten Sonnenhitze, als nach der tiefsten Winterkälte je 90°, also:

— 90° tiefste Winterkälte,
0° Tempéré,
+ 90° grösste Sonnenhitze.

(Siehe pag. 31.)

Während aber die Florentinerthermometer eine unsichere, nicht von Instrument zu Instrument übereinstimmende Einteilung hatten, wird gerade diese Eigenschaft den *Fahrenheit*'schen Instrumenten nachgerühmt. Obgleich nun der Fabrikant sein Hilfsmittel geheim gehalten hat, müssen wir doch annehmen, dass seine Ausgangspunkte weniger schwankend waren als der Name, mit dem sie bezeichnet wurden, vermuten liesse; d. h.

er hat wahrscheinlich diese Punkte bestimmt durch Schnee mit Salz und Körpertemperatur, wobei wohl als Kontrollpunkt die längst als fest bekannte Temperatur des schmelzenden Schnees verwendet wurde. Ohne eine solche Annahme ist die grosse Übereinstimmung dieser und der folgenden Fabrikate *Fahrenheits* nicht zu erklären.

In der Absicht, dieser Skale die negativen Grade zu nehmen, hat der Danziger *Michael Christian Hanow* in seiner Skale den tiefsten Punkt (— 90 F) mit 0° bezeichnet, Tempéré mit 45° und den höchsten Punkt mit 90°, mit welcher Skale in Danzig 1739—1752 Beobachtungen angestellt worden sind[1]; da aber anno 1740 die tiefste Temperatur um 10° tiefer lag als 0°, hat *Hanow* die Skale um 10° gestreckt und nun 100° vom tiefsten zum höchsten Punkte erhalten; Tempéré fiel dann auf 55°.

Durch seine Beziehungen und Besprechungen mit den auswärtigen Gelehrten kam *Fahrenheit* dazu eine andere Skale nicht sowohl zu erfinden, als zu adoptieren, und zwar hat ohne Zweifel der Verkehr mit *Olaf Rœmer,* dem berühmten Berechner der Lichtgeschwindigkeit und Erfinder der hauptsächlichsten Instrumente unserer astronomischen Observatorien, auf den jungen *Fahrenheit* den grössten Einfluss ausgeübt. Wann die Änderung vollzogen worden ist, kann nicht mit Bestimmtheit angegeben werden, weil *Fahrenheit* selbst über diesen Punkt, wie über andere noch wichtigere in seinen ausführlichen Beschreibungen seiner Methode, schweigt. Wir finden aber andere Zeugnisse:

Hermann Bœrhaave (Elem. Chem. I. 2, p. 720) spricht sich folgendermassen aus:

---

[1] V. Swinden. p. 65. 66 und Hanow. Seltenh. der Natur II. 269.

Incipit deinde actio Aquæ, proprie sic dictæ, in solvendo propria vis tum demum, quando illa fluida adhuc est in gradu proximo glaciei jamjam futuræ. Adeoque secundum demonstrata superiora in calore graduum triginta duorum Thermometri Fahrenheitiani. In quo quidem gradu incipit in ære conglaciatio pruinosa. Atqui sub hoc initio frigoris glacialis, anno nono hujus seculi, dicitur insignis mathematicus *Rœmerus* Gedani observasse frigus hybernum usque ad gradum primum ejusdem Thermoscopii, *cujus ipse inventor primus fuerat.* Unde triginta duos gradus ibi tum increverat infra glacialem gradum frigus.

Bœrhaave (Elem. Chem. Ed. Basil. 1745. p. 164) hielt die Temperatur des Nullpunktes für den tiefsten, den die Natur hervorbringen könne, während auf künstliche Weise tiefere Temperaturen erzeugt werden können.

Natura nunquam generaverat Frigus nisi ad 0, tumque animalia et vegetantia, ilico moriebantur omnia, hoc correpta frigore. Ars deduxit ad 40 gradus ultra Frigus. Verum ubi gradui 32, qui est congelationis, addentur 40 gradus, calor oritur in ære adeo fortis, ut eum diu constanter talem homines difficile ferant, nisi refrigerii causas vicesque interposuerint. Discimus hinc quis crederet? Frigus conglaciandæ jamjam aquæ ultra hanc suam potestatem crescens visum fuisse ad 72 gradus ultra. Quid fieret in natura rerum, si talis ibi unquam gigneretur temperies?

Es ist nicht wohl einzusehen, warum der *Fahrenheit*'sche Nullpunkt von einem so erfahrenen Beobachter wie *Bœrhaave* hat können als eine Minimaltemperatur der Natur angesehen werden, wenn man bedenkt, dass nach jetzigen Beobachtungen auch in unsern Gegenden Temperaturen unter dem *Fahrenheit*'schen Nullpunkt (— 17,8 C) nicht ganz selten vorkommen, so in Basel

1830 — 27,0; 1845 — 23,3; 1879 — 24,0; 1893 — 23,2 u. s. w. (nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. A. Riggenbach).

Van Swinden hat Grund anzunehmen, *Rœmer* habe im Jahre 1709 nicht in Danzig beobachten können; *Bœrhaave* führt diese Thatsache mit dicitur ein; den andern Punkt aber „Thermoscopii, cujus ipse inventor primus fuerat“ berührt dies nicht. Ja das letztere wird doch von einem unverdächtigen Zeugen, nämlich dem Danziger *M. Chr. Hanow* des bestimmtesten bestätigt, wenn er ausspricht[1]): Nach den wichtigsten Wettergläsern, welche *Herr Rœmer in Danzig angegeben hat* und *Herr Fahrenheit am besten verfertigt*, kochet das Wasser im 212. und friert im 32. Grade.

Hier wird genau auseinandergehalten was *Rœmers* ist und was *Fahrenheits:* Ersterer hat die Skale angegeben, *Fahrenheit* hat die exakten Thermometer erstellt.

Hanow berichtet aus dem Jahre 1740[2]), schon 20 Jahre vor 1709 habe ein Danziger, Namens *Krikart*, ein Wetterglas, jedenfalls nach der gewöhnlichen Florentinerart eingerichtet, besessen und beobachtet. Dieses soll *Fahrenheit* zu Anfang des Frostes im Jahr 1708 mit frischem Weingeist gefüllt und nach der Angabe *Rœmers* gefüllt haben.

Über *Fahrenheits* Thermometer erfahren wir näheres aus der Relatio de Novo Barometrorum concordantium genere in den Act. Erud. a° 1714 p. 380. 381; der Name des Verfassers ist nicht genannt; wahrscheinlich ist der Aufsatz von *Chr. Wolf* in Halle geschrieben:

---

[1]) Merkwürdig. d. Natur. 1737.

[2]) Nach Momber Alb. Prof. Daniel Gabr. Fahrenheit. Altpreuss. Monatschr. Bd. XXIV. 1887. Heft 1. 2. p. 145.

Quæ adeo hactenus desiderata fuerunt, barometra et thermometra concordantia exquisita industria construit *Daniel Gabriel Fahrenheit,* Dantiscanus, qui ab aliquo tempore apud nos commoratur et in conficiendis thermometris atque barometris tam simplicibus quam compositis excellit. *Artificium*, quo horum instrumentorum concordiam constanter ex voto obtinet, *ob rationes domesticas reticet:* effectum tamen observarunt multi, qui ejus thermometra et barometra sibi compararunt. Obtulit haud ita pridem duo thermometra *Cl. Wolfio*, Matem. Professori Halensi, ut ea sub examen revocaret. In iis globulorum loco conspiciuntur cylindri, spiritu vini colore cœruleo tincto repleti.

Scala utrique eadem applicata, longitudinis 6 digitorum cum $\frac{7}{16}$: tota dividitur in 16 partes æquales, quarum unaquælibet in quatuor subdividatur. Parti secundæ a cylindro numeratæ adscribitur frigus vehementissimum, et ab eo usque ad extremitatem scalæ ascendendo numerat gradus 24, quorum quartus frigus ingens, octavus ærem frigidum, duodecimus temperatum, decimus sextus calidum, vigesimus calorem ingentem, 24 denique æstum intolerabilem indicat.

Contendit autem Fahrenheitius, sibi constare methodum, qua quivis alius ubivis terrarum thermometra construere possit, suis etsi non visis similia, ita ut cum iisdem in eodem loco reposita ad eosdem scalorum similium gradus liquorum evectum, vel depressum exhibeant. *Wolfius* non solum per plurimos dies observavit in utroque thermometro liquorem constanter ad eundem gradum vel gradus ejusdem scapulum idem; verum etiam in locis calidioribus mox liquorem in utroque æqualiter prorsus ascendentem notavit.

Wenn wir nun die Ansicht zu begründen versucht haben, dass die sog. *Fahrenheit*'sche Skale von *Rœmer*

zuerst angegeben worden sei, obgleich *Fahrenheit* selbst bei deren Erstellung und Einteilung den Namen *Rœmers* nicht nennt, so bleiben ihm noch der Verdienste genug: Von der Verwendung des Quecksilbers ist schon die Rede gewesen; den Einfluss des Luftdrucks auf die Höhe des Siedepunkts richtig erkannt zu haben, die Erfindung eines hierauf gegründeten Hypsometers und die Beobachtung der Abkühlung des Wassers unter dem Schmelzpunkt des Eises sind Thatsachen genug, um die hohe Bedeutung und die Genauigkeit dieses Physikers in vollem Masse zu dokumentieren.

Die Beschreibung der eigenen Thermometer gab *Fahrenheit*, lange nachdem diese Instrumente schon allgemeine Anerkennung gefunden hatten, in den Phil. Transact. vom Jahre 1724 Nr. 382 zu einer Zeit, da *Newton* noch lebte und da dieser wohl hätte müssen genannt werden, wenn *Fahrenheit* dessen Skale einfach in seine eigene verwandelt hätte, was nach dem vorausgehenden mehr als unwahrscheinlich ist. Seine eigenen Thermometer beschreibt *Fahrenheit* in folgender Weise:

Duo potissimum genera thermometrorum a me conficiuntur, quorum unum spiritu vini et alterum argento vivo est repletum: Longitudo eorum varia est, pro usu, cui inservire debent: Omnia autem in eo conveniunt, quod in omnibus scalæ gradibus concordent, interque limites fixos variationes suas absolvant.

Thermometrorum scala, quæ meteorologicis observationibus solummodo inserviunt, infra a Zero incipit et 96to gradu finitur. Hujus scalæ divisio tribus nititur terminis fixis, qui arte sequenti modo parari possunt; primus illorum in infima parte vel initio scalæ reperitur et commixtione glaciei, aquæ, et salis Armoniaci vel etiam maritimi acquiritur; huic mixturæ si thermometron imponitur, fluidum ejus usque ad gradum, qui Zero notatur, descendit. Melius autem hyeme, quam æstate hoc experimentum succedit. Secundus terminus obtinetur, si aqua et glacies absque memoratis salibus commiscentur, imposito thermometro huic mixturæ, fluidum ejus tricesimum secundum occupat gradum, et terminus initii congelationis a me vocatur; aquæ enim stagnantes tenuissime jam glacie obducuntur, quando hyeme liquor thermometri hunce gradum attingit. Terminus tertius in nonagesimo sexto gradu reperitur; et spiritus usque ad hunc gradum dilatatur, dum thermometrum in ore vel sub axillis hominis in statu sano viventis tam diu tenetur donec perfectissime colorem corporis æquisivit. Si vero calor hominis febri vel alio morbo fervente laborantis investigandus est, alio thermometro utendum, cujus scala usque ad 128 vel 132 gradum prolongata est. An autem hi gradus ferventissimo calori alicujus febris sufficiant nondum expertus sum, vix tamen credendum, quod cujusdam febris fervor gradus memoratos excedere debeat.

Thermometrorum scala, quorum ope ebullientium liquorum gradus caloris investigatur, etiam a Zero incipit et 600 continet gradus, hoc enim gradu Mercurius ipse (quo thermometron repletum est) incipit ebullire.

Ut autem quoque thermometra ab omnibus mutationibus caloris celeriter afficiantur, loco globulorum cylindris vitreis sunt prædita, eo enim modo ob majoris superficiei quantitatem citius a variatione caloris penetrantur.

Man kann die Frage aufwerfen, warum wohl *Fahrenheit*, der schon vor seiner Bekanntschaft mit *Rœmer* vortreffliche Thermometer konstruiert hatte, sich durch diesen bestimmen liess, von seiner Skale abzugehen und eine Einteilung anzunehmen, welche *Wilks* „regarded as an abomination“, bis dieser eine Beziehung zu *Newton* hat herausklügeln können.

Man war am Anfang des Jahrhunderts gewohnt, vom Tempéré auszugehen und nach oben und unten die Grade zu zählen, eine Gewohnheit, die bis in die jüngste Zeit fortgedauert hat und vielleicht noch nicht verschwunden ist. Sofern es sich nur um die täglichen Beobachtungen im gewöhnlichen bürgerlichen Gebrauch handelte, war diese Zählung auch ganz normal. Mit der Verbreitung und namentlich mit der Verbesserung der Instrumente kamen diese auch zu wissenschaftlicher Verwendung, namentlich zu meteorologischen Zwecken. Sobald aber einmal Tabellen von Beobachtungen zusammengestellt wurden, war die fast gleich grosse Zahl der positiven und der negativen Grade kein Vorteil mehr, sondern ein Hindernis, vielleicht auch eine Quelle mancher Versehen. Am einfachsten wurde das Hindernis beseitigt dadurch, dass man den Ausgangspunkt der Zählung möglichst tief wählte. Hiefür aber bot sich dar die schon verwendete Temperatur der Mischung von Schnee und Salz, die man als tiefste Temperatur in der Natur ansah. Mit einem Male verringerte sich die Anzahl der negativen Grade ungemein. Das haben *Rœmer* und *Fahrenheit* eingesehen und darnach haben sie gehandelt; das aber ist der grosse Vorzug der englisch-amerikanischen Skala und um dieses Vorzugs willen verdient sie heute wie zu allen Zeiten dankbares Interesse.

Désaguliers, der selbst unter der Leitung von *Newton* Leinölthermometer konstruiert hat und der also mit ihrem Wert und ihrer Beschaffenheit genau vertraut sein musste, sagt, ohne irgend welche Beziehung zwischen der Skale von *Newton* und der von *Fahrenheit* anzugeben, die oben zitierten Worte: Ces dernières années on fait usage du vif argent dans les thermomètres et l’on a trouvé qu’ils étaient plus utiles, que tous les autres . . .

Die allgemeine Anerkennung der *Fahrenheit*'schen Thermometer haben wir oben (p. 42 ff.) mit einigen Aussagen Sachkundiger belegt. Auch die Übereinstimmung früher erstellter Instrumente mit solchen aus späterer Zeit wird durch Zeugnisse belegt, doch nicht ausnahmslos.

So sagt *C. Kirch* in seinen Annotationes in Thermometra[1], nachdem er sein in 24—26° geteiltes Thermometra beschrieben hat, das vor 20 Jahren ab accuratissimo *Fahrenheitio* confectum est:

Observavi ante aliquot annos, meum Thermometrum cum alio Fahrenheitiano non penitus congruere, quare ab ipso *Cl. Dn. Fahrenheit* novum et accuratum Thermometrum expetii, ut meum et aliorum Thermometra juxta illud examinare possem. Inveni illud Thermometrum cum alio Fahrenheitiano bene congruere, a meo vero notabiliter differre.

Augustinus Grischow[2]) war in Berlin seit 1725 mit meteorologischen Beobachtungen beauftragt; er verschaffte sich teils auf eigene Kosten, teils aus den Mitteln der königl. Akademie vorzügliche Thermometer verschiedener Art, brachte sie an einen günstigen Ort nach Norden in freie Luft und verglich sie sorgfältig. Er berichtet nun (1740), dass ein vor 30 Jahren für die Akademie von *Fahrenheit* selbst verfertigtes grosses Thermometer mit einem von demselben *Fahrenheit* vor wenig Jahren erstellten, von Amsterdam bezogenen, genau übereinstimme. Diese und andere Erfahrungen beweisen, dass Fahrenheit von Anfang an mit einer grossen Genauigkeit gearbeitet hat und dass die 3 Skalen, die ursprüngliche von — 90 bis + 90, die kleine von 0 bis 24 und die durch Vierteilung erhaltene grosse von 0 bis 96 in Übereinstimmung geblieben sind.

---

[1] Miscell. berol. 1737. V. 129.

[2] Miscell. berol. 1740. VI. 267—312.

Van Swinden[1]), der auf die Vergleichung der verschiedenen Skalen die grösste Sorgfalt verwendet hat, glaubt nach seinen Erfahrungen und Beobachtungen zu dem Urteil berechtigt zu sein:

Si maintenant l'on considère, que le premier Thermomètre de *Fahrenheit* a été trouvé concordant avec le second et le second avec le troisième; qu'ils ont tous été trouvés concordans entr'eux; que par conséquent le premier et le second ont été construits, l'un et l'autre, d'après des points fixes; que le troisième est en effet le même thermomètre que le second; que *Fahrenheit* assuroit avoir une méthode secrette pour les construire, et cela sans Etalon, car il n'étoit pas nécessaire de voir un Thermomètre déjà construit, pour en graduer d'autres; qu'il a publié en 1723 ou 1724 la manière dont il construisoit le troisième Thermomètre, et enfin que les deux points extrêmes de tous ces Thermomètres sont en effet les mêmes quoiqu'ils ayent porté differens noms, il en résultera je crois nécessairement que *Fahrenheit* a toujours employé les mêmes points fixes dans la construction de ses Thermomètres.

Newtons grosses Verdienst um die Wärmemessung liegt keineswegs in der Wahl der festen Punkte; denn der eine, die Temperatur des Blutes eines gesunden Mannes, hat nur zweifelhaften Wert, und auch nicht in der Wahl der Zahl 12, die er für die Anzahl der Grade zwischen Eispunkt und Blutwärme wählte, sondern in dem Versuche die Temperaturen zu bestimmen, die mit keinem Weingeistthermometer hatten können bestimmt werden, weil sie über dem Siedepunkt des Weingeistes liegen, also in der Wahl des Leinöles mit seinem hohen Siedepunkt. Und zweitens in der Verknüpfung der Resultate, die mit dem Leinölthermometer gewonnen wurden, mit den Resultaten, die mit einer regelmässig nach einem bestimmten Gesetze sich abkühlenden, glühend gemachten Eisenstange sich ergaben. So hat er unter anderm gefunden,

---

[1]) Diss. s. la comp. d. Therm. § 44.

(141° C)	dass	bei 48° N ( )	ein Gemisch gleicher Teile Wismut und Zinn schmilzt,
(168° C)	„	bei 57° N ( )	ein Gemisch von 2 Teilen Zinn und 2 Teilen Blei,
(238° C)	„	bei 81° N ( )	Wismut,
(282° C)	„	bei 96° N ( )	Blei,
(332° C)	„	bei 114° N ( )	im Dunkel beginnende Rotglut u. s. w.

Fahrenheits Verdienst um die Wärmemessung besteht ebenfalls nicht in der Wahl gewisser fester Punkte und gewiss nicht in der Zahl 24; es liegt an ganz anderm Orte. Er hat Thermometer zu gewöhnlichem Gebrauche mit grosser Sorgfalt hergestellt und eine grosse Übereinstimmung vieler Instrumente erreicht; er hat das Quecksilber in zweckmässiger Weise angewendet, die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Luftdruck erkannt und berücksichtigt und hat auf den Rat eines ausgezeichnet erfahrenen Mannes, *Olaf Rœmer*, eine Skale gewählt, die vor allen frühern und den meisten spätern den Vorzug hat, dass die Anzahl der negativen Zahlen besonders bei meteorologischen Beobachtungen ungemein verringert ist. Eine gerechte und begründete Bewunderung der *Fahrenheit*'schen Arbeit stützt sich auf diese Thatsachen und nicht auf die imaginäre Verwandtschaft mit *Newton*.

10) Celsius-Christin-Linné-Strömer.

Im Jahre 1844 hat *Arago* der Pariserakademie nach einem Briefe des Herrn *Requien* in Avignon aus einem

Manuskripte *Linné's,* das Herrn *D'Hombres-Firmas* angehört hat, folgenden Passus mitgeteilt:

Ego primus fui qui parare constitui thermometra nostra, ubi punctum congelationis 0 et gradus coquentis aquæ 100; et hoc pro hybernaculis horti; si his adsuetus esses, certus sum quod ariderent.

Der Brief ist ohne Zeitangabe.

Renou (p. 37) zieht hieraus den Schluss: Mais il est hors de doute que le thermomètre centigrade est dû à *Linné* d'après une lettre de cet homme illustre citée par Arago t. V. p. 608. Ce fait m'a été confirmé par Mr. *Hildbrandsson* d'Upsal, qui ma dit que les droits de *Linné* à cette découverte sont authentiques.

Auch die Encyclopædia Britannica stellt auf: *Linnæus* introduced the mode of reckoning from 0° in smelting ice to 100° in boiling water, which is now known as the centigrade. In wiefern man hier von einer découverte reden kann, ist nicht einzusehen. Es ist mir nicht bekannt, dass diese Angabe in der Folge bestätigt oder berichtigt worden wäre, und doch ist sie besonderer Beachtung wert.

Zwei Forscher, die weit weg von einander wohnten und ohne Zweifel von einander absolut unabhängig arbeiteten, beschäftigten sich gleichzeitig mit der Herstellung und der Einteilung des Quecksilberthermometers; beide teilten den Fundamentalabstand des Schmelzpunktes und des Siedepunktes in 100 gleiche Teile, der eine beginnend mit dem Schmelzpunkt 0° und aufsteigend zum Siedepunkt 100°, der andere beginnend mit dem Siedepunkt 0° und absteigend zum Schmelzpunkt 100°; der eine arbeitete in Lyon: *Jean-Pierre Christin,* ein Arzt, der andere in Upsala: *Andreas Celsius,* der Astronom.

Über den ersten erhält man sicherste Kunde durch einen Aufsatz von *J. Fournet,* Professeur à la faculté des sciences à Lyon: Sur l'Invention du Thermomètre centigrade à Mercure, faite à Lyon par M. *Christin.* Notice lue à la Société d'agriculture de Lyon dans la séance du 4 Juillet 1845.

Der andere aber hat seine Methode in einem Aufsatze dargelegt, dessen deutsche Übersetzung heisst: Beobachtungen von zween beständigen Graden auf einem Thermometer, von *Andreas Celsius* in: der königl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften Abhandlungen aus der Naturlehre etc. auf das Jahr 1742, übersetzt von *Abraham Gotthelf Kästner*, Vierter Band, Hamburg 1750. p. 197—205.

Der Inhalt dieser beiden Abhandlungen ist kurz zusammengefasst folgender:

Überzeugt von der Unzuverlässigkeit und der Ungenauigkeit der im südlichen Frankreich verbreiteten Thermometer bemühte sich *Christin* bessere Instrumente zu erstellen; unter den möglichen Flüssigkeiten hielt er für die geeignetste das Quecksilber; er zog dieses dem Weingeist vor, weil dieser den Nachteil hat bei niedrigen und höhern Temperaturen sich ungleichmässig auszudehnen. Am 4. September 1740 zeigte er der Akademie in Lyon an, er habe ein sicheres und einfaches Mittel gefunden zur Herstellung guter Thermometer und er halte dafür, es müsse jedenfalls die Zahl 80 für die Skale beibehalten werden, wie bei der Einteilung des Kreises die Zahl 360. Man erkennt daraus, was für eine ungemessene Verehrung die Arbeit *Réaumur's* genoss, der bei seiner Einteilung den Siedepunkt des Weingeistes mit dem des Wassers verwechselt hatte. Indessen hielt *Christin* an der Zahl 80 doch auf die Dauer nicht fest, sondern teilte im Juli 1743 in französischen Zeitungen sein hundertteiliges Quecksilberthermometer mit unter dem Namen: Thermomètre de Lyon, selon la mesure de la dilatation du mercure.

Die beiden festen Punkte wurden bestimmt durch Eintauchen in siedendes Wasser und in gestossenes Eis. Dass bei der Bestimmung des Siedepunktes der Barometerstand berücksichtigt worden wäre, finde ich nirgends angegeben. Der Abstand der beiden festen Punkte wurde in 100 gleiche Teile geteilt.

An Neidern fehlte es *Christin* nicht, auch nicht an Verteidigern. Verbreitet wurde das Lyonerthermometer hauptsächlich in Paris, in der Provence und im Dauphiné, während Lyon selbst es weniger freundlich soll aufgenommen haben. „Il en coûte à reconnaître le talent de ses concitoyens.“

„Si l’académie de Florence jouit de la gloire d’avoir inventé le premier thermomètre, aujourd’hui le plus défectueux de tous, combien est-il plus flatteur pour l’académie des beaux arts de Lyon de voir sortir de son sein et de donner en quelque sorte la vie au plus parfait des thermomètres.“

Mit diesem Thermometer ist die hundertteilige Skale zuerst in Frankreich in Gebrauch gekommen. Bei der Aufstellung des metrischen Systems mussten verschiedene Temperaturen berücksichtigt werden; hiebei trat die Centesimaleinteilung in den Vordergrund, so z. B. bei: Vérification du mètre qui doit servir d’étalon provisoire [1]. Hier wird angegeben: La commission des poids et mesures a pensé qu’il convenoit de prendre pour point fixe la température à dix degrès du *thermomètre centigrade* und als Note wird beigefügt: Nous appelons thermomètre centigrade celui dans lequel l’intervalle, entre le terme de la glace et de l’eau bouillante est divisé en 100 parties égales ou degrès. Dans le thermomètre de *Réaumur* cet intervalle est divisé en 80 degrès. Hier wie weiterhin wird die *De Luc*'sche Skale fälschlicherweise als *Réaumur*'sche bezeichnet.

---

[1] Ann. d. chim. XX. 257.

Auch *Celsius* knüpft an bei der Mangelhaftigkeit der aus Deutschland nach Schweden kommenden Florentinerthermometer. Auch er fand als zweckmässigste Methode die Einteilung, die sich auf zwei feste Punkte stützt, nämlich auf die Temperatur des schmelzenden Schnees und des gefrierenden Wassers, wobei er bemerkt, dass man nicht nach der Art von *Réaumur* die Temperatur des gefrierenden Wassers, sondern die des schmelzenden Schnees wählen und den Siedepunkt nicht durch Eintauchen des Thermometers in siedendes Wasser, sondern durch Einführen in den ausströmenden Dampf bestimmen müsse. Hiebei sei aber nach den Ermittlungen des erfahrenen Mechanikers in Amsterdam, *Fahrenheit*, zu berücksichtigen, dass der Siedepunkt vom Barometerstande abhängig sei, weshalb er selbst als normalen Druck den mittleren Barometerstand von 25 Zoll, 3 Linien (schwedisch) annehme (1742). Versuche mit schmelzendem Schnee hätten ihm die Beständigkeit der Temperatur zu verschiedenen Zeiten und an weit auseinanderliegenden Orten gezeigt. Und zur Ermittlung der wahren Siedetemperatur bediente er sich einer Theekanne, aus deren Schnauze ein kräftiger Dampfstrom blies. Auch beobachtete er, dass bei jähem Herausnehmen aus dem Dampfe das Quecksilber anfänglich stieg.

Auf diese Untersuchungen hat *Celsius* mehrere Jahre verwendet. Waren nun an einem Thermometer die beiden Punkte bestimmt, so teilte er den Abstand in hundert gleiche Teile ein so zwar, dass der Siedepunkt mit 0°, der Gefrierpunkt mit 100° bezeichnet und die Skale nach unten nach Bedarf verlängert wurde.

Mit diesem Thermometer sind in Upsala während mehrerer Jahre Beobachtungen gemacht worden, die im

Auszug in den Abhandlungen der schwedischen Akademie mitgeteilt sind und zwar erfahren wir je die höchsten und niedrigsten Temperaturen der einzelnen Monate 1742 bis 1750. Im 15. Bande der Abhandlungen (1750) steht unter der Beobachtungsreihe:

Zu merken: Des sel. Professors *Celsius* Thermometer ist dergestalt eingerichtet, dass 0 beim Punkte des siedenden Wassers und 100 beim Punkt des Gefrierens steht; aber an Herrn Prof. *Strömers* Thermometer steht 0 beim Gefrierpunkt und 100 beim kochenden Wasser. Man würde die einen Grade auf die Grade des andern gebracht haben, wenn diese Unähnlichkeit nicht diente, des sel. Observators (O. P. Hiorter) Beobachtungen von Herrn Prof. *Strömers* seinen zu unterscheiden.

Das Thermometer von *Celsius* scheint lange Zeit nicht weithin bekannt geworden zu sein; sagt doch *P. Cotte* in seinem 1774 erschienenen Traité de Météorologie III. p. 136:

Monsieur Celsius, Professeur d'Astronomie à Upsal et l'un des Savans qui firent le Voyage au Pôle, pour déterminer la Figure de la Terre, a communiqué aux Physiciens de Suède un thermomètre de son invention, *dont j'ignore la construction.*

Und im eigenen Vaterlande kann den Bestrebungen zur Verbesserung des Thermometers auch keine grosse Bedeutung zugeschrieben worden sein; denn in dem Nekrolog (Denkmaal) des Herrn Prof. *A. Celsius* im 8. Bande der Abhandlungen (p. 143 ff.) wird wohl seiner mathematischen Begabung, seiner astronomischen, magnetischen, geodätischen, optischen Arbeiten gedacht, während die thermometrischen Arbeiten mit keinem Worte erwähnt werden.

Wo bleibt nun noch Platz für *Linné?* Verdankt man ihm die ganze Arbeit des *Celsius*, der seine Untersuchungen mit so grosser Klarheit darlegt in einem Bande der akademischen Schriften Schwedens, in dem nicht weniger als fünf botanische Mitteilungen von *Linné* stehen.

Liest man die Aussage *Linné's* aufmerksam, so erkennt man, dass er nicht die centesimale Einteilung für sich in Anspruch nimmt, wie *Renou* und mit ihm die *Encyclopædia Britannica* ableiten, sondern nur die Bezeichnung des Gefrierpunktes mit 0° und des Siedepunktes mit 100°, ohne Zweifel mit Beziehung auf die entgegengesetzte Ordnung von *Celsius.* Damit aber tritt *Linné* nicht in Konkurrenz mit *Celsius,* sondern mit *Strömer,* von dem wir nichts anderes wissen, als dass an dem Thermometer, mit dem er beobachtete, ebenfalls der Gefrierpunkt mit 0° und der Siedepunkt mit 100° bezeichnet gewesen sei, ohne dass er diese Umkehrung für sich in Anspruch nimmt. Es kann also immerhin *Linné* diese Umkehrung zuerst vorgenommen haben. Dies zu ermitteln habe ich mich in *Linné*'schen Arbeiten umgesehen und dabei folgenden Beleg dafür gefunden, dass *Linné* vor dem Zeitpunkt, den *Strömer* angibt, sich schon der umgekehrten, jetzt üblichen Skale bedient hat.

Caroli Linnæi Hortus Upsaliensis Vol. I. 1748 enthält die Aufzählung und die Beschreibung der exotischen Pflanzen, die von 1742 bis 1748 in dem botanischen Garten von Upsala eingeführt worden sind. In dem Abschnitt Horticultura Topographica finden sich folgende Angaben:

Temperatæ plantæ et gelu intensiore et calore hybernaculi, *supra gradum decimum* caloris in domo adscendente per hyemem læduntur. Calidæ, Capenses seu Aethiopicæ, non ferunt hyemes notrates sub dio, nec in hybernaculo calido *ultra 12 gradus* servandæ, florent hyeme lubentissime.

In der am Ende des Buches stehenden Præfatio:

Calor summus 1747. 2 VII hora $3^1/_4$ post merid. gr. 30 supra punctum congelationis.

Frigus summum 1740 25 I noct. gr. 28 infra punctum congelationis, ubi punctum congelationis 0, calor aquæ coquentis 100.

Diese präzise und deutliche Angabe *Linné's* lässt keinen Zweifel darüber, dass er vor *Strömer* die Umkehrung der Skale vorgenommen hat.

Wir werden also nicht weit von der Wahrheit uns entfernen, wenn wir *Celsius* die sorgfältige Bestimmung der festen Punkte und die centesimale Einteilung ihres Abstandes, *Linné* die Umkehrung der Skale auf den Thermometern für die Gewächshäuser, und *Strömer* die Anwendung dieser letztern Skale zu meteorologischen Beobachtungen zuschreiben. Man wird deshalb dieses Thermometer mit Recht *Schwedisches Thermometer* nennen, welchen Namen auch *Van Swinden* gebraucht[1]).

---

[1]) Suède. Lyon, nicht wie Carr. Bolton in seiner Vergleichstabelle (Table of Thermometer Scales) angibt: Sue de Lyon, nachdem er einige Kolumnen früher schon *Celsius*, *Christin* und *Strömer* aufgeführt hat.

Über die Einwirkung anorganischer und organischer alkalischer Substanzen auf das Oxydationsvermögen von Metallsalzen.

Von

Ed. Schaer.

(Pharmaceut. Institut der Universität Strassburg.)

Vor einiger Zeit habe ich, im engen Anschlusse an *Schönbein*'sche Beobachtungen, an anderer Stelle[1]) Untersuchungen „über die aktivierenden Wirkungen von reduzierenden Substanzen und colloïdalen Edelmetallen, sowie von Alkaloiden und andern basischen Stoffen auf verschiedene oxydierende Verbindungen" veröffentlicht. Dabei wurde auch gewisser „aktivierender" Einflüsse gedacht, welche alkalisch reagierende Körper, namentlich Pflanzenbasen auf das Oxydationsvermögen verschiedener Metallsalze ausüben und welche zuerst (1874) von *F. Schlagdenhauffen* (Nancy) bei Mischungen von Ferrisalzen mit Pyrogallol, sowie von Quecksilberchlorid mit Guajakharzlösung beobachtet worden sind.[2])

Diese Versuche des letztgenannten Autors sind in den letzten Jahren von mir durch eine Reihe weiterer Beobachtungen ergänzt worden, die zum kleinern Teile in der zu Anfang erwähnten Abhandlung Berücksichtigung gefunden haben. In der Zwischenzeit sind mir durch neue Versuche noch weitere Erscheinungen dieser Art bekannt geworden und es ist daher vielleicht zweckmässig, in den folgenden Mitteilungen eine wenn auch zunächst nur vorläufige Darlegung jener sonderbaren Wirkungen alkalischer Stoffe zu geben, welche nicht allein theoretisches Interesse beanspruchen dürfen, sondern möglicherweise auch bei verschiedenen empirisch ausgebildeten chemischen Prozessen der Technik eine Rolle spielen.

---

[1]) Liebig's Ann. der Chemie, *323* (1902) S. 32.

[2]) Union pharmaceutique XV (1874) p. 3 u. 37.

Es möge an dieser Stelle noch die Bemerkung vorausgeschickt werden, dass eine gelegentliche eingehendere Studie über die erwähnten chemischen Wirkungen in meinem Laboratorium beabsichtigt ist, über deren Ergebnisse später an diesem oder anderem Orte zu berichten sein wird.

Während es sich bei den oben angeführten ersten Beobachtungen Schlagdenhauffens lediglich um einige die Oxydationsvorgänge beschleunigende oder einleitende Wirkungen von basischen Stoffen (Alkaloiden und gewissen alkalischen anorganischen Substanzen) handelte, welche bei Ferrichlorid, in Gegenwart von Pyrogallol, oder bei Quecksilberchlorid, in Gegenwart von Guajakharzlösung, zu konstatieren waren, hat sich infolge der neuen Versuche der Kreis der besagten Erscheinungen auch auf anderweitige analoge Reaktionen ausgedehnt, das heisst es lassen sich solche aktivierende Wirkungen auch bei Kupferoxydsalzen und Silbersalzen (vermutlich noch bei andern oxydierenden Metallsalzen) beobachten; dieselben beschränken sich ferner nicht auf Pflanzenbasen und alkalische anorganische Stoffe, sondern scheinen mit einer gewissen Beschränkung auch basischen organischen Substanzen, wie Anilin, Chinolin, Antipyrin, Thallin, Acetanilid u. s. w. zuzukommen und endlich lassen sich dieselben nicht nur bei einigen wenigen oxydablen Materien, wie Guajakharz (resp. Guajakonsäure) und Pyrogallol nachweisen; sie treten vielmehr in manchen Fällen auch dann auf, wenn zum Beispiel Indigo, Aloin (resp. Isobarbaloin), Natalaloin, Anilin, Guajakol, Phenylendiamin, Brasilin und wohl noch andere organische Stoffe zur Erkennung der Oxydationsreaktion verwendet werden.

Nach dem eben gesagten ist vielleicht der Schluss gerechtfertigt, dass es sich um chemische Vorgänge von allgemeiner Bedeutung handelt, welche im Zusammenhange beobachtet und besprochen zu werden verdienen.

Was zunächst die schon mehrfach erwähnten Versuche von *Schlagdenhauffen* betrifft, die sich auf Mischungen von Pyrogallol mit Ferrichlorid, Mercurichlorid und Kupferchlorid, sowie auf Gemenge von Guajakharzlösung und Mercurichlorid beziehen, so ergeben dieselben auf das deutlichste die „aktivierenden“ Wirkungen der alkalischen anorganischen Stoffe, sowie einer Anzahl von Pflanzenbasen. Die bei weiterer Verfolgung jener Beobachtungen über das Verhalten von Ferrisalzen zu oxydablen Substanzen (in Gegenwart alkalischer Stoffe) vorgenommenen Versuche sind noch nicht hinreichend abgeschlossen, um hier mitgeteilt zu werden, und ich gehe deshalb sogleich zur Besprechung der aktivierenden Wirkungen bei Kupfer-, Quecksilber- (Mercuri-) und Silbersalzen über und zwar soll zunächst von den Oxydationswirkungen der *Kupfersalze* auf Guajakharz die Rede sein. Wie ich in verschiedenen früheren Publikationen, auf die hier nicht von neuem einzugehen ist, gezeigt habe, vermögen die Lösungen anorganischer und organischer Cuprisalze innerhalb gewisser Konzentrationsgrenzen und namentlich bei erhöhter Temperatur die Guajakharzlösung direkt ohne Mitwirkung anderer Substanzen zu bläuen und es sind deshalb alle einschlägigen Versuche über Wirkung dritter Stoffe mit stark verdünnten Kupfersalzlösungen vorzunehmen, von denen festzustellen ist, dass sie innerhalb gewisser Temperaturgrenzen die Guajakharzlösung („Guajaktinktur" *Schönbeins*) unter allen Umständen intakt lassen. Im weiteren ist es empfehlenswert, an Stelle des bisherigen, nicht allein von *Schönbein,* sondern auch von allen neueren Autoren benützten Verfahrens der Anwendung der Guajakharzlösung in alkoholischer oder alkoholisch-wässriger Mischung die von *E. Paetzold* (Inaug.-Diss. Strassburg 1901) vorgeschlagene Methode der Verwendung einer 1—2prozentigen Chloroformlösung des Harzes (oder noch besser einer $^1/_2$—1prozentigen Lösung reiner Guajakonsäure in Chloroform) einzuführen, wobei sich das in Chloroform leicht lösliche Guajakblau, falls gebildet, rasch und scharf aus den wässrigen Reaktionsgemischen abscheidet.

Bringt man zu einer nicht gebläuten Mischung der eben genannten Guajaklösung mit stark verdünnter Kupfersalzlösung (zum Beispiel Kupfersulfat, -Acetat oder -Formiat) kleine Mengen von Alkaloiden, so wird in den meisten Fällen, so namentlich bei Atropin, Coniin, Veratrin, Morphin, Codein, aber auch bei den übrigen wichtigen Pflanzenbasen, schon in der Kälte oder nach kurzer leichterer Erwärmung die Bildung von Guajakblau bewirkt, das heisst es scheidet sich nach kurzem Schütteln die Chloroformlösung mit mehr oder weniger tiefblauer Färbung ab, während bei Zusatz von Coffein, das noch eine gewisse Basizität aufweist, aber nicht mehr zu den eigentlichen Pflanzenalkaloiden gerechnet wird, keine Veränderung eintritt, ebensowenig bei Anwendung von Glycosiden (Amygdalin, Phloridzin, Salicin etc.) oder anderen indifferenten Stoffen (Santonin, Cumarin, Picrotoxin etc.).

Man möchte auf den ersten Augenblick geneigt sein, die bei Gegenwart von Alkaloiden durch Kupfersalze (sowie durch die später zu nennenden Quecksilber- und Silbersalze) bewirkten Oxydationserscheinungen darauf zurückzuführen, dass durch die Pflanzenbasen in ähnlicher Weise wie durch alkalische anorganische Stoffe aus den Metallsalzen freies Metalloxyd respektive Oxydhydrat abgeschieden wird und letzterem die energischen Oxydationswirkungen zukommen, wie ja in der That verschiedene Oxyde und Superoxyde von Schwermetallen, unter andern Silberoxyd und Quecksilberoxyd, die Guajaklösung energisch zu bläuen vermögen, während andrerseits zum Beispiel Eisenoxyd und Kupferoxyd nebst ihren Hydraten unter gewöhnlichen Umständen ohne Wirkung auf besagtes Reagens sind. Für die letztgenannten Metalloxyde respektive deren Salze würde somit jene Erklärung nicht stichhaltig sein, wohl aber könnte sie für die Silbersalze und Mercurisalze in Frage kommen, da in der Litteratur vielfach die Angabe verbreitet ist, dass im allgemeinen die Pflanzenbasen von deutlich alkalischer Reaktion die Salze der Erden und Schwermetalle unter Abscheidung ihrer Oxyde zu zerlegen vermögen. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass dieser Satz nur in ganz bedingtem Masse richtig ist. Allerdings zerlegen einige Alkaloide, wie beispielsweise das Coniin unter andern die Kupfer- und Silbersalze, andere wie zum Beispiel das Atropin die Mercurisalze; in vielen andern Fällen aber ist eine Abscheidung von Metalloxyd entweder nur bei Anwendung der freien Alkaloide in Substanz oder in konzentrierterer Lösung (Morphin) oder bei höherer Temperatur (Strychnin) zu konstatieren, oder sie bezieht sich nur auf einzelne Metallsalze und ist namentlich bei Verwendung so verdünnter Alkaloid- und Metallsalzlösungen, wie solche zu meinen Versuchen gedient haben, nicht oder nur ganz ausnahmsweise zu beobachten. Es wird unter diesen Umständen auch der Vergleich mit den oxydierenden Wirkungen konzentrierterer alkalischer Metallsalzlösungen, wie etwa der alkalischen Kupfertartratlösung oder der alkalischen Wismuttartratlösung (auf Traubenzucker etc.) hinfällig und wir sind gezwungen, für die Mehrzahl der Fälle eigentümliche Kontaktwirkungen anzunehmen, welche bei den Metallsalzen mit direkt oxydierend wirkenden Oxyden (wie zum Beispiel den Mercurisalzen oder Silbersalzen) etwa auch als „Wirkungen prädisponierender Verwandtschaft“ (zwischen Alkaloid und Säure des betreffenden Metallsalzes) aufgefasst werden könnten. In vielen Fällen und bei gewissen Konzentrationsverhältnissen der Reaktionsmischungen gilt das oben gesagte auch für die Wirkung der noch zu erwähnenden weiteren anorganischen und organischen alkalischen Substanzen.

In gleicher Weise, wie die Pflanzenbasen, zum Teil noch in intensiverer Weise vermögen auch anorganische alkalische Stoffe die Bläuung der Guajakharzlösung durch stark verdünnte Kupfersalzlösungen zu bewirken. Es gilt dies sowohl von stark verdünnter Kalkhydratlösung¹) (Kalkwasser), oder Barythydratlösung, als auch von den schwach alkalisch reagierenden Carbonaten wie Calciumcarbonat, sowie von einer Anzahl alkalisch reagierender Salze, wie namentlich Natriumacetat und Natriumphosphat, aber auch von Natriumsalicylat und Natronseifen, selbst wenn letztere frei von Ätznatron oder Natriumcarbonat sind, endlich auch von verdünntem

---

¹) Bei der bekannten grossen Empfindlichkeit des Guajakblaus für Alkalien eignen sich die Lösungen der gewöhnlichen Ätzalkalien zu diesen Versuchen nicht oder wenigstens nur bei Anwendung der Guajak-Chloroformlösung und bei Einhaltung starker Verdünnung.

Ammoniak.[1]) Ebenso tritt eine Bläuung der Guajakharzlösung ein, wenn verdünnte Kupfersalzlösungen unter Zusatz kleiner Mengen des allerdings stark alkalisch reagierenden Anilins oder Chinolins auf erstere einwirken, während dagegen die Gegenwart der vom Anilin derivierenden Verbindungen Acetanilid und Phenacetin sowie des Antipyrins (Phenyldimethylpyrazolons) und Thallins die Kupfersalze nicht zu aktivieren vermag.

Nachdem seinerzeit *Schlagdenhauffen* (l. s. c.) die tiefe Bräunung einer gelblich gefärbten kupfersalzhaltigen *Pyrogallol*lösung durch verschiedene Pflanzenbasen beobachtet hatte, konnte ich in Bestätigung seiner Versuche konstatieren, dass eine energische Oxydation des Pyrogallols durch Kupfersalz bei Gegenwart der Mehrzahl der Alkaloide sowie verschiedener oben erwähnter alkalischer anorganischer Stoffe eintritt, während Glycoside und andere neutrale Substanzen keine aktivierende Wirkung äussern. Es werden diese Versuche später weiter fortgesetzt und ergänzt werden.

Ebenso auffällig ist die aktivierende Wirkung von Pflanzenbasen, insbesondere von stark basischen Alkaloiden wie zum Beispiel des Atropins bei Zusatz zu hellgelb gefärbten kupfersalzhaltigen Lösungen des *Aloins*.[2])

---

[1]) Die aktivierenden Wirkungen selbst sehr kleiner *Ammoniak*mengen auf Kupfersalze (gegenüber Guajaklösung) habe ich bereits vor vielen Jahren (Zeitschr. f. analyt. Chemie v. Fresenius, 1874, I) experimentell nachgewiesen.

[2]) Wie an diesem Orte (Bd. XIII., 299) in dem Aufsatze über Guajakblau und Aloinrot bereits angegeben worden ist, entsteht das von *Klunge* zuerst beobachtete violettrote Oxydationsprodukt nach *Léger* lediglich aus dem im käuflichen Barbadoes-Aloin mitenthaltenen „Isobarbaloin.“ Es möge deshalb hier die Notiz beigefügt werden, dass nach meinen neuesten Beobachtungen ein mit dem früher beschriebenen Aloinrot identisches oder jedenfalls nahe verwandtes Produkt bei verschiedenen durch Kupfersalze oder an-

Es tritt unter diesen Umständen jene Oxydation des Aloins, unter Bildung des „*Aloinrots*,“ das heisst eines Oxydationsproduktes mit locker gebundenem Sauerstoff, ein, welche schon vor Jahren bei den sogenannten *Klunge*'schen Aloëreaktionen (Einwirkung von Kupfersalz auf Aloëlösung bei Zusatz von Cyaniden oder von Haloidsalzen) beobachtet und unlängst von mir in einer ausführlichen Studie weiter verfolgt worden ist.[1])

Wenn eine hellgelbe Aloinlösung (in Methylalkohol oder verdünntem Äthylalkohol) mit sehr wenig Kupfersalz versetzt wird, so wird dieselbe canariengelb und nimmt sodann nach Zufügen einer kleinern Menge alkoholischer Atropinlösung oder Coniinlösung beim Stehen, langsam in der Kälte, bedeutend rascher nach Erwärmung der Reaktionsmischung, allmählich die intensiv himbeer-purpurrote Farbe an, welche den Aloinrotlösungen zukommt. Wird an Stelle der genannten Alkaloide eine Anilinlösung verwendet, so färbt sich die Flüssigkeit nach dem Erwärmen nicht purpurrot, sondern mehr gelbrot. Das Verhalten anderer schon oben erwähnter alkalischer Substanzen wird durch spätere Versuche festzustellen sein. Dagegen hat sich ergeben, das die Alkaloide auch noch anderweitige energische Oxydationswirkungen der Kupferoxydsalze auszulösen vermögen; so bewirken beispielsweise die genannten Pflanzenbasen und zweifellos auch noch andere Alkaloide die Entfärbung von Indigolösung durch Kupfersalz (in der Wärme) und ebenso eine intensive Rötung der kupfersalzhaltigen Paraphenylendiamin-Lösung, während

---

dere Substanzen bewirkten Oxydationen auch aus dem „*Natalaloin*“ (Aloin der Natal-Aloë) gebildet wird, obwohl dieses Aloin bis in die letzte Zeit als von den übrigen Aloinen nicht unerheblich abweichend betrachtet wurde.

[1]) Vergl. Archiv der Pharmacie *238* (1900) S. 42 u. 279.

andrerseits die Alkaloide die verdünnten Kupfersalzlösungen gegenüber Jodkaliumstärkelösung, Guajakol und Anilin nicht zu „aktivieren“ scheinen.

Ebenso auffallend, wie bei den Kupferlösungen, sind die Wirkungen alkalisch reagierender Stoffe bei Mercurisalzen, von welchen allerdings bis jetzt nur das Mercurichlorid näher untersucht worden ist.

Nicht allein konnte in Übereinstimmung mit den frühern Versuchen von *Schlagdenhauffen* die intensive Bläuung eines Gemenges von Mercurichloridlösung und Guajakharzlösung durch die Mehrzahl der Pflanzenbasen — sowie das Ausbleiben des „aktivierenden“ Einflusses bei Coffein, sowie bei den Glycosiden u. s. w. (siehe oben) — bestätigt werden, sondern es zeigte sich, dass eine grössere Zahl zum Teil schon von dem genannten Autor angeführter alkalischer anorganischer Substanzen (vor allem die bei den Kupfersalzen bereits erwähnten unlöslichen Hydrate und Carbonate der Erden und alkalischen Erden, sowie manche alkalisch reagierende Salze) in gleicher Weise die mit Mercurisalz versetzte Guajaklösung energisch zu bläuen vermögen. Es geschieht dies bei *allen* genannten Stoffen selbst dann, wenn eine Abscheidung von Quecksilberoxyd, wie sie zum Beispiel bei Einwirkung von Atropin oder von Magnesiumoxyd zu beobachten ist, nicht konstatiert werden kann.

Organische alkalische Stoffe, so Acetanilid, Antipyrin, Phenacetin verhalten sich ebenso indifferent wie bei Kupfersalzlösung, wogegen Thallin, Anilin und Chinolin auch hier eine Bläuung der Reaktionsmischung bedingen. Es ist wahrscheinlich, dass eine erhebliche Zahl anderer noch nicht geprüfter anorganischer und organischer Stoffe alkalischer Natur ein gleiches Verhalten aufweist und dass somit die Beschleunigung oder

Auslösung oxydierender Wirkungen von Kupferoxyd- und Quecksilberoxydsalzen eine empfindliche Reaktion auf die Gegenwart selbst kleiner Mengen alkalisch reagierender Substanzen darstellt.[1])

Wie bei den Kupfersalzlösungen, so führt auch bei Mercurichlorid die Anwendung der Guajakharzlösung in Chloroform in manchen Fällen zu einer viel schärferen Reaktion, namentlich für Fälle gefärbter Lösungen und besonders auch deshalb, weil das Guajakblau in Chloroformlösung weit stabiler zu sein scheint, als in alkoholisch-wässeriger Lösung.

Wie zwischen dem Verhalten der mit wenig Mercurichlorid oder mit Kupfersalz versetzten Pyrogallollösungen in Gegenwart von Alkaloiden (Atropin, Coniin etc.) vollkommene Analogie besteht, insofern in beiden Fällen starke Bräunung respektive Oxydation jener Substanz eintritt, so zeigt das Mercurisalz auch eine entsprechende Wirkung auf Aloinlösung. Lösungen des Barbaloins oder Natalaloins (siehe oben) nehmen nach Zusatz einiger Tropfen einer kaltgesättigten Quecksilberchloridlösung und nachheriger Beimischung gelösten Atropins, Coniins und anderer Alkaloide schon in der Kälte, etwas rascher bei leichter Erwärmung die intensive Aloinrotfarbe an, während auch hier das alkalische Anilin eine dunkel rotgelbe Färbung hervorruft.

Endlich möge noch hervorgehoben werden, dass auch hinsichtlich der Entfärbung der Indigolösung, sowie der Rötung der Phenylendiaminlösung durch Mercurichlorid eine aktivierende Wirkung der Alkaloide in genau gleicher Weise wie bei Kupferlösung konstatiert werden konnte und dass auch hier bei Einwirkung auf Guajakollösung ein negatives Verhalten zu beobachten war.

---

[1]) So zeigten neuere, während des Druckes dieser Mitteilung vorgenommene Versuche, dass u. A. auch *Piperidin* und *Triaethylamin* selbst in kleinsten Mengen sowohl Cuprisalze als Mercurichlorid gegen Guajakharz und gegen Aloin zu activieren vermögen.

Die bisherigen Ergebnisse veranlassten mich, auch noch das *Silbernitrat* in Bezug auf aktivierende Einflüsse alkalischer Substanzen zu untersuchen, da bekanntlich dieses Salz einerseits durch leichte Reduzierbarkeit bei Kontakt mit zahlreichen anorganischen und organischen Stoffen (Ferrosalze, Thiosulfate, Ameisensäure, Aldehyde, Pyrogallol etc.) sich auszeichnet, andrerseits in verdünntern Lösungen sich manchen oxydabeln Substanzen, wie Guajakharz, Indigoblau gegenüber indifferent verhält. Die angestellten Versuche haben gezeigt, dass in mancher Hinsicht deutliche Analogien, in einigen Punkten jedoch auffallende Abweichungen im Vergleiche mit den Cupri- und Mersurisalzen bestehen.

In Betreff des Verhaltens zu Guajakharz- oder Guajakonsäurelösung wurde beobachtet, dass verschiedene Alkaloide, so namentlich das Atropin, Veratrin, Chinin und sonderbarer Weise auch das so schwach basische Coffein intensive Bläuung der silbernitrathaltigen Guajaklösung hervorrufen, während sich das Morphin, Codein, Strychnin und Brucin gegen Erwartung negativ verhalten.

In gleicher Weise, wie die mehrfach genannten alkalischen anorganischen Stoffe, zum Beispiel Kalkhydrat, Calciumcarbonat, Natriumacetat, Borax u. s. w. die Bläuung der Guajakharzlösung selbst durch stark verdünnte Kupfersalz- und Quecksilberchloridlösungen bewirken, so erfolgt eine solche Aktivierung auch bei verdünnter Silbersalzlösung und im weitern ist es bemerkenswert, dass mehrere organische Substanzen basischen Charakters, welche wie Acetanilid, Antipyrin und Phenacetin weder bei Kupfer- noch bei Quecksilbersalz eine Bläuung des Reaktionsgemisches hervorrufen oder wie Thallin nur bei Mercurichlorid eine solche Wirkung zeigen, bei Silbernitrat einen bald schwächeren, bald intensiveren aktivierenden Einfluss äussern, wie denn zum Beispiel durch kleine Thallinmengen tiefe Bläuung der mit sehr verdünnter Silberlösung geschüttelten Guajakchloroformlösung bewirkt wird. Ebenso vermögen auch die beiden stark basischen Benzolderivate Anilin und Chinolin starke Oxydation des Guajakharzes unter Bildung von Guajakblau einzuleiten.

Die aktivierende Wirkung einzelner Pflanzenbasen auf Silbernitrat erstreckt sich auch auf oxydierende Reaktionen des Silbersalzes gegenüber anderen oxydabeln organischen Stoffen; so wird beispielsweise verdünnte Indigolösung nach Zusatz geringer Mengen von Atropin relativ rasch durch solche Silberlösungen entfärbt, welche an und für sich eine entbläuende respektive oxydierende Wirkung auf diesen Farbstoff nicht äussern, und ebenso bewirkt stark verdünnte Silberlösung in Gegenwart des genannten Alkaloides starke Bräunung einer alkoholisch-wässerigen Guajakollösung. Bei diesen beiden letztgenannten Reaktionen sind jedoch gewisse andere Pflanzenbasen, wie Brucin, Veratrin und Coffein (siehe oben), wenigstens in der Kälte, ohne Wirkung.

Was endlich die oxydierende Wirkung des Silbernitrates auf Aloinlösungen (unter Bildung des Aloinrotes) betrifft, so ist auch hier ein durchaus ähnliches Verhalten, wie bei den Kupferoxydsalzen und bei Mercurichlorid zu konstatieren. Während eine stark verdünnte Silbernitratlösung in der Kälte keine Rötung der verdünnten Lösungen von isobarbaloinhaltigem Aloin oder von Natal-Aloin zu bewirken vermag, erfolgt nach relativ kurzer Zeit die Aloinrotbildung, wenn den Reaktionsmischungen kleine Mengen einzelner freier Alkaloide, wie Atropin, Coniin, Chinin zugefügt werden, während auch hier Coffein, abweichend von der Guajakharz-Silbersalz-Reaktion ohne Wirkung bleibt. Es ist wahrscheinlich, dass bei späteren Beobachtungen auch noch eine Reihe anderer Pflanzenbasen einen aktivierenden Einfluss zeigen wird.

Wenn wir die vorstehend mitgeteilten Thatsachen, welche übrigens nur als Ergebnisse vorläufiger Beobachtungen zu betrachten sind, näher ins Auge fassen und uns daran erinnern, dass sich sehr analoge Erscheinungen bei verschiedenen Gruppen von oxydierend wirkenden Metallsalzen wiederholen, wenn wir endlich konstatieren können, dass die geschilderten „aktivierenden“ Einflüsse basischer Stoffe nicht nur da beobachtet werden, wo durch die alkalische Substanz eine Abscheidung von Oxyden respektive Oxydhydraten aus den betreffenden Metallsalzen bewirkt wird, sondern auch in den Fällen und unter solchen Bedingungen, wo eine solche Zerlegung der Metallsalze nicht konstatiert werden kann, so werden wir uns der Meinung kaum verschliessen können, dass diesen „aktivierenden“ Wirkungen auch ein theoretisches Interesse zukommt und dass die Kenntnis solcher allgemeiner verbreiteten Erscheinungen manche schon längst bekannte Reaktionen vielleicht in ein etwas anderes Licht rückt. Um hier nur *ein* derartiges Beispiel anzuführen, dessen nähere Besprechung in einer andern Zeitschrift erfolgen soll, möge an die in der medizinischen Chemie bekannte „Biuret-Reaktion“ erinnert werden, welche zur Identifizierung sowohl von Harnstoff als auch von Eiweisstoffen dient. Dieselbe beruht auf einer Veränderung (Oxydation) des aus Harnstoff bei längerem Schmelzen gebildeten Biurets und wird so ausgeführt, dass das Objekt (bei Eiweiss-

Reaktionen die auf Albuminstoffe zu prüfende Lösung) mit einer gewissen Menge Natron- oder Kalilauge versetzt und sodann wenig Kupfersulfatlösung zugefügt wird, wobei meist schon in der Kälte, oder nach leichter Erwärmung eine violettrote Färbung eintritt. Versuche, die von mir anlässlich dieser Studie über den Einfluss basischer Stoffe auf das Oxydationsvermögen der Kupfersalze angestellt worden sind, haben sofort ergeben, dass die Biuretreaktion nicht allein, wie zu erwarten war, mit jedem löslichen Kupferoxydsalze, sondern auch mit einer ganzen Reihe alkalisch reagierender Substanzen (selbst bei Anwendung kleiner Mengen) eintritt, so beispielsweise, wenn die Lösung der kaustischen Alkalien durch Kalk- oder Barythydrat, durch kleine Mengen Ammoniak, auch durch gewisse *Pflanzenalkaloide* (Atropin-, Coniin-Lösung) ersetzt wird, ja selbst bei Anwendung einer äusserst schwer löslichen alkalischen Substanz, der gebrannten Magnesia (Magnesiumoxyd). Es ist somit die fragliche Reaktion keineswegs an die Anwendung von Kali oder Natron, das heisst an eine stark alkalische Reaktion der Flüssigkeit gebunden, sondern erfolgt auch in schwach alkalischen Reaktionsgemischen, was sicherlich um so bemerkenswerter ist, als bisher wohl die Ansicht vorgeherrscht hat, dass bei der Biuretreaktion mit Albumin durch die Wirkung des starken Alkalis zunächst irgend eine Spaltung des Eiweisskörpers unter Bildung des Biuretkomplexes erfolge, welch letzterer sodann, wie bei dem entsprechenden Versuche mit reinem Harnstoff, durch die stark alkalische Kupferlösung unter Bildung des violetten Produktes verändert respektive oxydiert werde. Aus dem Gesagten müssen wir aber schliessen, dass die blosse Einwirkung des Kupfersalzes bei gleichzeitiger, wenn auch schwacher alkalischer Reaktion genügt, um das Eiweissmolekül zu

„erschüttern,“ die Biuretbildung und die sofortige Oxydation dieser letzteren Substanz zu veranlassen. Wir könnten somit diese Erscheinung, im Sinne älterer Auffassungen, als Wirkungen „prädisponierender Verwandtschaft“ deuten; jedenfalls aber schliessen sich die Vorgänge bei der unter sehr verschiedenen Bedingungen eintretenden Biuret-Reaktion durchaus den unter Alkali-Einfluss erfolgenden Oxydationswirkungen der Kupferoxydsalze und anderer Metallsalze an, welche den Hauptinhalt der vorliegenden Mitteilung bilden.

Strassburg, im September 1902.

Die Pygmäen und ihre systematische Stellung innerhalb des Menschengeschlechtes.

Von

J. Kollmann.

Mit 4 Figuren im Text.

Diese kleine Studie ist Herrn Professor Hagenbach-Bischoff gewidmet als Ausdruck des Dankes für das warme Interesse, das er seit einem Vierteljahrhundert der anatomischen Anstalt in Basel entgegengebracht hat.

Eine besondere Abart des Menschengeschlechtes, die Pygmäen, ziehen mehr und mehr die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich; denn die Nachweise mehren sich, und damit die Bedeutung dieser Erscheinung für die Urgeschichte des Menschengeschlechtes. Solange nur in Afrika und dem Inselarchipel kleine Menschen gefunden wurden, erschienen sie als ein Kuriosum, das an sich von hohem Interesse war schon wegen der Angaben Homers und anderer griechischer Autoren, aber weiter ging das Interesse bei weitaus den meisten Schriftstellern nicht. Es verging eine verhältnismässig lange Zeit, bis die Beurteilung etwas tiefer griff. Noch bis zu Anfang der siebziger Jahre und selbst noch nach dem Erscheinen des interessanten Buches von *Schweinfurth*, „Im Herzen Afrikas“, hielt man die Angabe von Pygmäen nördlich vom Äquator für reine Erfindung, für mythisch, und als er gar ein Regiment derselben bei dem König der Mombottu gesehen haben wollte, da hielten nicht wenige diese Angaben des erfolgreichen Reisenden zum mindesten für Jägerlatein.

In dieser geringschätzenden Auffassung hat sich allmählich ein kleiner Wandel vollzogen, weil das höchste Interesse in der Frage gipfelt: Wie verhalten sich die Pygmäen ihrer Abstammung nach zu den andern Stämmen, unter denen sie leben? Wenn es unzweifelhaft ist, dass die Akka, die Batua und andere — Neger, und zwar Zwergneger sind, so dürfen sie nicht allein für sich betrachtet werden, sondern nur im Zusammenhang mit andern Negern. Denn eine Verwandtschaft zwischen ihnen muss doch vorhanden sein. In der nämlichen Form tritt uns dasselbe Problem überall entgegen, ob wir die Weddas von Ceylon, die Negritos der Philippinen und die Zwerge der Halbinsel Malakka betrachten oder ob wir die Pygmäen Europas berücksichtigen. Bei den letzteren wird die Frage bis zu einem gewissen Grade akut. Solange nur von den Zwergvölkern unter den farbigen Rassen die Rede ist, trägt die ganze Erörterung mehr einen akademischen Charakter; sie berührt uns nicht unmittelbar. Sobald aber unsere *eigene* Abstammung dabei auf der Tagesordnung erscheint, erhöht sich die Teilnahme an der Diskussion, denn sie gewinnt eine grössere Aktualität.

Dabei kommt noch ein anderer Umstand in Betracht. Solange Pygmäenfunde in Europa vereinzelt auftraten, war trotz der Verwandtschaftsfrage das Interesse kaum lebhafter erregt worden, denn so ein paar Zwerge konnten ja auch am Ende pathologisch sein. Sie fielen unter den Begriff degenerierter Rassen, wie wohl manche dachten. Diese Beurteilung wird aber immer unzulänglicher, denn es bestätigt sich mehr und mehr, dass Europa einst eine ganze Bevölkerung von Pygmäen besass, wie heute noch die Philippinen oder Ceylon oder das dunkle Afrika. In dieser Hinsicht sei deshalb daran erinnert, dass in der Schweiz, und zwar an *drei* verschiedenen Orten, Pygmäenknochen in Gräbern *der neolithischen Periode, vermischt mit Skelettresten hochgewachsener Europäer gefunden* worden sind. Wie noch heute die farbigen Pygmäen zumeist mit den farbigen hochgewachsenen Stämmen zusammen leben, so war dies während der neolithischen Periode auch in Europa der Fall. Das beweist jede neue Entdeckung dieser Art, so z. B. in Frankreich. In einer neolithischen Station, genannt Cave aux Fées bei Brueil (Departement Seine-et-Oise) sind Knochen von Pygmäen neben Knochen hochgewachsener Leute gefunden worden, und zwar bis zu 9 Prozent. Das ist freilich nicht übermässig viel, aber man weiss ja, wie bei Ausgrabungen mit den Menschenresten verfahren wird, sie werden in unglaublicher Weise verschleudert. Es ist deshalb gar nicht anzunehmen, dass gerade die Pygmäenknochen mit besonderer Sorgfalt gesammelt wurden. Wenn nun dennoch so viele dort in jener Periode sicher nachgewiesen sind, so fällt gerade ein solches Zahlenverhältnis um so bedeutender ins Gewicht.

In einer anderen neolithischen Station ist das Verfahren übereinstimmend. Unter den langen Knochen von Mureaux befinden sich solche von Pygmäen und von hochgewachsenen Leuten. Dasselbe ist der Fall in einem dritten Gräberfelde bei Chalons-sur-Marne, dessen Knocheninhalt von *Manouvrier* unter Mithülfe von *Pokrowsky* beschrieben worden ist. Als die erwähnten Gräberfunde in Frankreich geborgen wurden, war die

Thatsache von dem Vorhandensein von Pygmäen in Europa noch nicht genügend bekannt und so kommt es, dass das Vorkommen der Knochen zwerghafter Leute in Frankreich noch bis heute gar keine weitere Berücksichtigung gefunden hat. Aber die Vergleichung der Zahlen über die Länge der Oberschenkelknochen beweist doch klar, dass *in Frankreich* in der neolithischen Periode *an drei verschiedenen Orten Pygmäen* zusammen mit den hochgewachsenen Leuten gelebt haben. Man darf mit Sicherheit darauf rechnen, dass noch viele Funde der Art gemacht werden, denn die Höhlenforschung ist dort sehr ergiebig. Zahlreiche und wichtige Beiträge haben die Anthropologen dieses Landes schon geliefert, besonders für die neolithische Periode, denn in den Höhlen findet sich ein Material an Schädeln und Knochen in einer Vollständigkeit und Menge, wie es in Europa kaum irgendwo mit solcher Reichhaltigkeit anzutreffen ist.

Jüngst sind nun endlich auch in *Deutschland* Grabfelder aufgedeckt worden, welche neben Resten von hochgewachsenen Leuten europäischer Abstammung auch Pygmäenknochen enthielten. Die Fundorte liegen einmal am Rhein (bei Worms und Egisheim) und dann fern ab zwischen Breslau und dem Zobten, dem fruchtbarsten Gebiete Schlesiens. Diese schlesischen Funde ragen in die Bronze-, in die römische und in die slavische Periode herein! Prof. *Thilenius* hat die Pygmäen durch Messung unzweifelhaft nachgewiesen.[1] Damit rückt die Existenz der Rassenzwerge der Jetztzeit ziemlich nahe, und dem Funde kommt eine besondere Bedeutung zu. Denn es wird dadurch bewiesen, dass das Vorkommen der Pygmäen in Europa viel länger gedauert hat, als man bei den bisherigen Funden in der Schweiz und in Frankreich annehmen durfte. Dieser Umstand kann kaum überschätzt werden, wenn man beachtet, dass in Europa noch heute auch lebende Pygmäen vorkommen. *Sergi* und *Mantia* haben in Sizilien, namentlich in der Provinz Girgenti, die unzweifelhaftesten Belege von lebenden Rassenzwergen erbracht.

---

[1] Globus Bd. 81 Nr. 17. 1902.

Bei einem Besuche in dem anthropologischen Institut in Rom wurde mir eine Reihe solcher Schädel vorgelegt, die Dr. Mantia auf Friedhöfen gesammelt hatte. Einen aus dieser seltenen Reihe hat mir Professor *Sergi* sogar zum Geschenk gemacht, er ist der craniologischen Sammlung der Anatomie in Basel einverleibt worden. Alle Schädel sind „normal“, d. h. sie tragen keine Zeichen von Verkümmerung durch pathologische Prozesse an sich. Der Nachweis von Pygmäen ist von den beiden italienischen Forschern auch durch andere Kennzeichen geliefert worden, so dass über das Vorkommen von Rassenzwergen in Sizilien bis in die jüngsten Tage herein keine Zweifel bestehen können. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes folgt (Seite 90) die Abbildung des sizilischen Pygmäenschädels aus der Basler Sammlung, von oben gesehen und daneben die Abbildung eines Europäerschädels der grossen Rasse. Durch diese Nebeneinanderstellung wird der Unterschied unverkennbar.

Nachdem nun auch in der Schweiz, in Frankreich und in Deutschland Reste von Pygmäen gefunden wurden, welche von der neolithischen bis zu der slavischen Periode fortlaufen, so ergiebt sich ein Verhalten, das mit demjenigen Asiens, Afrikas und des südlichen Inselarchipels übereinstimmt. Alle diese Kontinente besitzen eine kleine Abart des Menschengeschlechtes, welche durch besondere Merkmale von den grossen Rassen abweicht. Das ist ein Ergebnis von grosser, allgemeiner Tragweite. Denn alle, welche von dem Gesichtspunkt der Entwickelung aus die Menschenrassen ins Auge fassen, werden zu der Erwägung gelangen: *das Menschengeschlecht war ursprünglich aus Pygmäen und aus hochgewachsenen Rassen zusammengesetzt.*

Mit jedem neuen Funde über die Verbreitung der Pygmäen wächst die Bedeutung dieser Thatsache. Wir haben bis jetzt angenommen, die grossen Rassen seien die einzigen Formen des Menschen gewesen, welche den Erdball bevölkert haben, jetzt erfahren wir, dass auch kleine Menschenrassen dazu beigetragen haben. Dass dies in einem sehr weiten Umfang der Fall war, beweisen schon die obigen kurzen Nachrichten über vier Kontinente: nämlich über Europa, Asien, Afrika und den Inselarchipel. Noch stand bis jetzt der grosse amerikanische Kontinent aus. Nunmehr hat sich für die neue Welt der Nachweis führen lassen, dass die Bevölkerung jenes Kontinentes ebenfalls Pygmäen einschliesst.

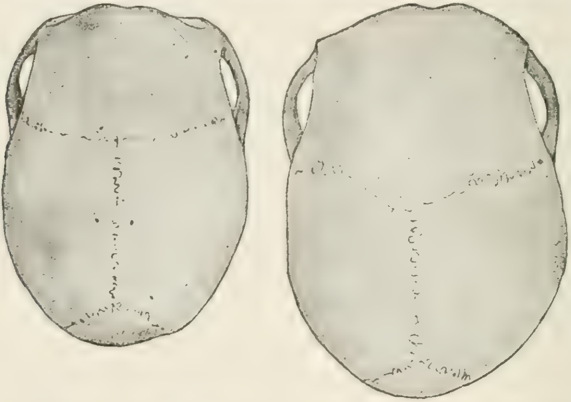


Fig. 1. Schädel eines Pygmäen aus Sizilien. Kapazität 1031 ccm und Schädel eines Europäers, grosse Rasse, Kapazität 1460 ccm.

Nachrichten über Pygmäen in Amerika sind von Anthropologen Amerikas zwar noch nicht beigebracht worden. *Brinton* verwies alle Angaben dieser Art von *A. v. Humboldt*, *Martius* u. A. in das Bereich der Fabel. Mit Unrecht, denn auf dem altberühmten Totenfelde von Ancon und in den Ruinen von Pachacamác enthalten die Gräber neben *Schädeln* und *Skeletten der grossen Leute auch solche von Pygmäen.* Das greifbare Beweismaterial hat die Prinzessin *Therese von Bayern* beigebracht. Unter den von ihr persönlich gesammelten Schädeln befinden sich solche von grosser Kapazität und solche von kleiner oder sogen. Nanocephale. Die Zwergköpfe besitzen eine Kapazität von nur 1060 bis 1192 ccm und damit dieselbe Kleinheit, wie die Schädel der Weddas, der Negritos, der Andamanen, der Buschmänner und der zwerghaften Europäer. Alle Erfahrungen über die körperlichen Eigenschaften der Pygmäen zeigen nun, dass die Rassen mit kleinen Köpfen auch von geringer Körperhöhe sind. Wir dürfen also von den kleinen Schädeln aus mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass die Menschen mit den kleinen Köpfen aus Amerika ebenfalls klein von Statur waren. Glücklicherweise ist dafür auch ein direkter Beweis beigebracht. Prinzessin *Therese* hat auch zwei Oberschenkelknochen von jenen beiden Grabstätten mitgebracht, und *beide ergeben, obwohl sie von völlig ausgewachsenen Individuen herrühren, dennoch nur eine Körperhöhe von 1161 und 1463 mm, Masse, die pygmäenhaft sind, wie jene der Weddas oder anderer Zwergvölker.*

Es war ein überaus glücklicher Griff, neben den Schädeln auch noch ein paar Schenkelknochen nach Europa zu transportieren, denn damit vermehrte sich die Menge und die Bedeutung der Belege. Schädel und Extremitätenknochen zusammen genommen, haben die nämliche Beweiskraft wie lebende Pygmäen selbst. Das Vorkommen von dieser Urform des Menschengeschlechtes auch in Amerika ist damit ein für allemal festgestellt und jeder fernere Zweifel ausgeschlossen. Jetzt handelt es sich nur noch darum, die weitere Verbreitung dort nachzuweisen, und hierzu finden sich schon manche Anhaltspunkte in der Litteratur. Nach *d'Orbigny* beträgt die mittlere Körperhöhe der modernen Peruaner unter 1600 mm, ein Mass, das zu der Vermutung berechtigt, dass auch heute noch Pygmäen unter ihnen leben wie vor 400 Jahren. — Die kleinen Schädel sind schon *Morton* aufgefallen, denn er fand bei den Peruanern die kleinste Kapazität unter allen Amerikanern. *R. Virchow* sah unter den von ihm untersuchten Peruanerschädeln auch ausgemachte Pygmäenköpfe (er nennt sie Nanocephale), ohne alle Deformation. *R. G. Haliburtons* und *Mac Ritchies* Angaben über amerikanische Zwergrassen sind von vielen Seiten recht abfällig

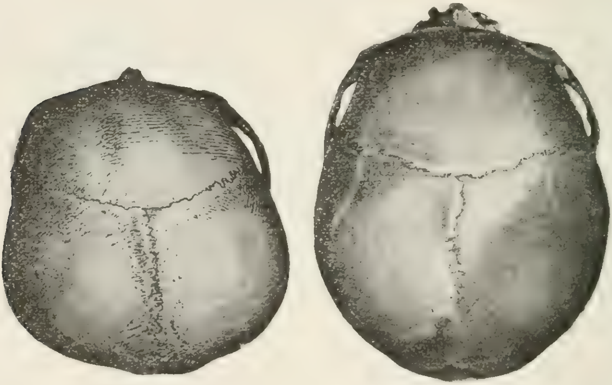


Fig. 2. Schädel eines Pygmäen. Kapazität 1070 ccm *(J. Ranke)*. Schädel eines Mannes der grossen Rasse. Kapazität 1484 *(R. Virchow)*. Beide von den Grabfeldern Peru's.

beurteilt worden, allein es dürfte nunmehr nach den obigen Belegen denn doch geraten sein, diesen Berichten etwas mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Wenn unter einer Anzahl von 33 Schädeln nachweislich 15 Pygmäen vorhanden sind (*Ranke*[1]), dann muss die Zwergbevölkerung doch recht ansehnlich gewesen sein, und es ist anzunehmen, dass sie nicht nur auf Ancon und Pachacamác beschränkt war. Die Litteratur ist auch nach dieser Seite ziemlich ergiebig. Ich will nur eine Thatsache anführen, welche zeigt, dass Pygmäen weit unten auf der südlichen Hälfte Amerikas einst vorkamen. *Ten Kate* hat aus dem Museum von La Plata über die Grösse von Kniescheiben berichtet, die an den Skeletten südamerikanischer Herkunft gefunden wurden. Vorausgeschickt möge zunächst werden, dass die Kniescheibe in einem bestimmten proportionalen Verhältniss zur Körperhöhe des Individuums steht, sie ist klein bei kleinen Leuten und gross bei grossen. Laien wie Anatomen werden dies unbedingt als richtig anerkennen. Die Unterschiede betragen nahezu 2 cm. *Ten Kate* sind nun zweierlei Kniescheiben aufgefallen, solche, die gross sind, wie die der hochgewachsenen Europäer, und kleine, wie die der Pygmäen. Der Verfasser hat nur die eine Thatsache an sich veröffentlicht und durch tadellose Abbildungen erläutert, ohne doch von Pygmäen zu sprechen, ebensowenig wie dies *Ranke* und *Virchow* bei der Erwähnung der Schädel aus den Totenfeldern von Peru gethan haben. Aber nach allen Erfahrungen über die körperlichen Eigenschaften der Rassenzwerge geht aus den Angaben über die Kniescheiben deutlich hervor, dass wir es mit Teilen eines Zwergvolkes zu thun haben, das dort in den Gebieten des La Plata mit einem Volke von grossen Leuten zusammengelebt hat.

---

[1] *Joh. Ranke*, Beschreibung der Schädel von Ancon und Pachácamác, welche I. K. H. Prinzessin *Therese von Bayern* gesammelt hat. Abhandlungen der königl. Akademie der Wissenschaften in München 1900. 4⁰. Mit 9 Tafeln.

Für mich besteht hierüber auf Grund der vorliegenden Kniescheiben nicht der geringste Zweifel, ebenso wenig darüber, dass *Ehrenreich* unter den Botokuden noch lebende Pygmäen angetroffen hat. Ich schliesse dies aus der Körperhöhe eines Mannes von 146 cm und zweier von *R. Virchow* gemessener Skelette, die nur eine Körperhöhe von 148 und 140 cm ergaben. *Porte* endlich findet unter demselben Volke Körperhöhen von 1,85 m, also sehr grosse Leute, daneben aber auch kleine, und zwar Männer und Frauen, die nur 116 bis 135 cm hoch sind! Dazu kommen auch Nachweise von Schädeln mit kleiner Kapazität, die von den verschiedensten Autoren bestätigt werden (*Lacerda* und *Peixoto*, *Canestrini e Moschen*, *R. Virchow*). Also auch in diesem Gebiete amerikanischer Stämme die nämliche in allen übrigen Kontinenten vorkommende Erscheinung: *das Zusammenleben grosser Rassen mit Zwergrassen.* Und das ist noch in der jüngsten Zeit der Fall gewesen in den eben angeführten Gebieten Amerikas wie auch auf der Santa Cruz-Insel und in Kalifornien.

So wären denn nach den vorliegenden Erfahrungen die Pygmäen auch über den amerikanischen Kontinent zerstreut wie über den von Europa, Asien, Afrika und den Inselarchipel. Damit scheint mir ein schwerwiegendes Hindernis beseitigt, das bisher einer tieferen natürlichen Deutung der Pygmäen entgegenstand. Die Funde in Europa und Amerika sowie jene auf den übrigen Kontinenten drängen mehr und mehr dahin, *die Pygmäen als Urrassen aufzufassen, die zuerst in die Erscheinung traten. Aus ihnen haben sich dann, durch Mutation, die hochgewachsenen Rassen entwickelt.*

Ehe ich auf die Begründung des letzten Satzes eingehe, sind zwei schwerwiegende Einwände zu berücksichtigen, die bisher laut geworden sind: erstens der Widerspruch gegen die tiefgreifende Verschiedenheit zwischen den Pygmäen und den grossen Leuten, und zweitens der Widerspruch gegen die Annahme eines hohen Alters der Pygmäen, wie es dem übrigen, grossen Menschentum zukommt.

Man hört von vielen Seiten die Behauptung, die Zwerge seien auf pathologischer Grundlage entstanden. Allein diese Annahme beruht auf der Verwechslung kleiner degenerierter Menschen, wie sie überall einmal vorkommen, mit den kleinen Rassenmenschen, die man genauer erst seit den letzten Dezennien kennt. Kleine verkümmerte Menschen, Bucklige u. dergl. wurden immer Zwerge genannt und auch als Pygmäen bezeichnet. Die meisten von uns haben solch traurige Gestalten gesehen. Ich habe vorgeschlagen sie *Kümmerzwerge* zu nennen, zum Unterschied von den kleinen aber gesunden Rassenmenschen, von denen weiter oben die Rede war. Diese kennen von Angesicht zu Angesicht nur die kühnen Reisenden, welche sie in der Wildniss aufgesucht haben. Diese Zwerge müssen durch ein anderes Wort als solche kenntlich gemacht werden, und werden am besten *Rassenzwerge* oder *Pygmäen* genannt. Das letztere Wort stammt aus der klassischen Zeit und wird, wie wir sehen werden, mit Recht für die Rassenzwerge beibehalten, welche die Alten bereits als solche kannten.

Zu weiterer Aufklärung sei noch folgendes bemerkt. Kümmerzwerge, oft auch Liliputaner genannt, entstehen nachweislich durch Degeneration, wobei man annimmt, dass schon die Keimzelle abnorm war. Ihre Körperhöhe schwankt zwischen 1 Meter und 1,30, sie sind dabei nicht übel proportioniert mit Ausnahme des Kopfes. Über einem kleinen Gesicht erhebt sich nämlich in der Regel ein etwas grosser Oberkopf, der Gehirn genug einschliesst, um sich in der menschlichen Gesellschaft geschickt zu benehmen. Solche Kümmerzwerge treten isoliert auf inmitten der grossgewachsenen Bevölkerung. Das einzelne Glied einer Familie bleibt zwerghaft, während die übrigen normal sind. Solche Kümmerzwerge werden bisweilen durch geschickte Unternehmer von vielen Orten her zusammengebracht und zu einer kleinen Schauspielertruppe vereinigt, die überall das Entzücken der Kinder bildet. Mit solch verkümmerten kleinen Scharen haben die in freier Natur aufgewachsenen Rassenzwerge aber nichts zu thun. Es ist leider noch nicht hinreichend bekannt, warum die Kümmerzwerge auf einer kindlichen Stufe des Wachstums stehen bleiben, wobei namentlich das Knochensystem affiziert ist. Die Epiphysenknorpel der Extremitätenknochen sind ebenso wie manche Knorpel an der Schädelbasis bei diesen Zwergen selbst in einem Alter von 30—36 Jahren noch unversehrt erhalten, also noch zu einer Zeit, in welcher bei normalen Menschen und auch bei den Rassenzwergen diese Knorpel längst verknöchert sind.

Solche Kümmerzwerge, deren äussere Erscheinung noch etwas anziehendes weil etwas kindliches an sich trägt, sind aber nicht die einzigen Formen, unter denen kleine Menschen „Zwerge" auftreten. Starke Grade von Rachitis erzeugen Gestalten, die zwerghaft und verkrüppelt zugleich sind. Die psychischen Qualitäten können dabei schwanken zwischen hochgradiger Intelligenz und stumpfem Blödsinn. In diese weite Kategorie gehören die Zwerge, die in dem Rom der Cäsaren, an den Fürstenhöfen Europas, Afrikas und Indiens zu allerhand Kurzweil, auch als „Hofnarren“ verwendet wurden. *Speke* (64) sah einen solchen bei einem Negerkönig in Unyoro, also einen Kümmerzwerg, keinen Rassenzwerg. Übrigens hat *Speke* auch eine Abbildung dieses verkümmerten Menschen gegeben, so dass dadurch jeder Zweifel über die Degeneration dieses Zwergen ausgeschlossen ist. *Speke* hatte es mit einem rachitischen Manne der im übrigen grossen Negerrasse zu thun. Die Herren *Breus* und *Kolisko* haben in einem grossen Werke (00) alle die verschiedenen Sorten der Kümmerzwerge aufgeführt, welche auf pathologischer Grundlage entstehen. Es gibt fünf verschiedene Arten, welche das Minimalmass der Körpergrösse der betreffenden Menschenrasse nicht erreichen. Diese Zwergarten, von denen die eine oder andere jedem Leser bekannt sein dürfte, haben mit den Rassenzwergen nur die geringe Körperhöhe gemeinsam. *Diese ist aber bei den Kümmerzwergen eine krankhafte, bei den Rassenzwergen dagegen eine rassenhafte Eigentümlichkeit.*

Dieser bedeutungsvolle Unterschied ist erst jetzt allmählich klar gelegt worden, deshalb kann es kaum überraschen, dass diese beiden so grundverschiedenen Zwergarten oft miteinander verwechselt wurden, so dass es oft schwer fällt, zu entscheiden, von welcher Art eigentlich die Rede ist. Dies gilt namentlich bezüglich der klassischen Nachrichten. So ist denn allmählich eine Zweifelsucht entstanden, die viel zu weit gegangen ist; sie hat schon im Altertum begonnen und sich bis in unsere Tage herein fortgesetzt. Ein auffallendes Beispiel dieser Art findet sich bei dem hervorragenden Geographen *G. Forster*, der sich einst auch über die Existenz der Pygmäen ausgelassen hat, ein Artikel, an den eben jetzt wieder aufs neue erinnert wird. *Forster* ist der Ansicht, die Sage von dem Volk der Pygmäen

„das an des Okeanos strömenden Fluten von den Kranichen mit Mord und Verderben bedroht wird“ (Ilias III, 6), habe nichts gemein mit der Kunde von kleinen Menschenstämmen in Afrika. Diese Auffassung war damals (1784) gewiss berechtigt, weil man von Pygmäen im Innern Afrikas nichts bestimmtes wusste. Wenn ein scharfsinniger Artikel nach fast hundert Jahren in *Petermanns* Mitteilungen (71) noch dieselbe Stellung einnimmt und meint, es handle sich um eine vollständige Fabel, so ist dies angesichts der Entdeckungen über Pygmäen offenbar etwas zu weit gegangen. Man darf die Ansicht *Strabo*'s nicht ohne weiteres wiederholen, der da meinte, was die Dichter, der Sänger der Iliade und sein Vorgänger oder Zeitgenosse Hesiodus von Pygmäen gesagt hätten, sei lediglich der „Ergötzung wegen mitgeteilt.“ In den beiden obenerwähnten Artikeln sind überdies auch die Angaben von *Aristoteles, Plinius* und *Herodot* einer ablehnenden Kritik unterzogen worden.

Ich möchte für die *teilweise* Richtigkeit der alten Angaben eintreten, weil in der jüngsten Zeit in Oberägypten neben den Resten der hochgewachsenen Rassen auch Reste von Pygmäen gefunden wurden.

Unter der Leitung von *W. M. F. Petrie* (96) hat jene englische Gesellschaft, die sich die archäologische Erforschung Ägyptens zur Aufgabe gemacht, wertvolle Resultate in Abydos und seiner nächsten Umgebung erzielt. Die Resultate liegen in vier inhaltsreichen Bänden veröffentlicht vor, zu denen noch eine besondere Abhandlung von *Randal MacIver* hinzukommt (01), welche die craniologischen Schätze aufführt, die sowohl der Steinzeit Oberägyptens als der Metallzeit, und zwar der ersten Dynastien angehören. Die Leute, welche in diesen Gräbern von Abydos, wie sie generell heissen sollen, bestattet sind, lebten *lange vor den trojanischen Kämpfen und lange vor dem unsterblichen Sänger der Ilias.* Die englischen Gelehrten, deren Angaben ich auf Grund der Publikationen ein vollkommenes Vertrauen entgegenbringe, nennen für die untersuchten Grabfelder und ihre Entstehung die Zeit zwischen 4000 bis 6000 Jahre *vor* Christus. ***MacIver*** hat seiner Abhandlung mehrere photographische Tafeln beigegeben, auf denen die Schädel in drei verschiedenen Ansichten mit peinlicher Sorgfalt wiedergegeben sind. Aus diesen Tafeln lässt sich mit aller nur wünschenswerten Sicherheit entnehmen, dass die ***Bevölkerung von Abydos aus Abkömmlingen der grossen Rassen Afrikas und aus Abkömmlingen von Pygmäen*** zusammengesetzt war[1]), und zwar kamen gerade Pygmäen vor in einem Verhältnis von etwa 20%. Nehmen wir an, dort oben habe eine Bevölkerung von 50,000 Seelen gelebt, so befand sich darunter die ansehnliche Menge von etwa 10,000 Pygmäen. Woher sie kamen, ist natürlich unbekannt, aber man wird nicht fehlgehen, wenn man ihre Heimat im Sudan annehmen will. Die Figur 3 ist nach einer Photographie angefertigt, die ich Herrn ***MacIver*** verdanke. Sie zeigt einen Pygmäenschädel und daneben den Schädel eines Abkömmlings der grossen Rassen, beide aus der Urzeit Oberägyptens.

Angesichts dieser unbestreitbaren Beweise über das Vorkommen von Pygmäen in Oberägypten zwischen 4000—6000 *vor* Christus ist es in hohem Grade wahrscheinlich, ja fast gewiss, dass ***Aristoteles***, ***Homer***, ***Hesiodus*** und andere Schriftsteller des Altertums eine zutreffende Nachricht von dem Vorkommen dieser Rassenzwerge erhalten hatten. Die skeptische Abwehr durch ***Strabo*** war ungerechtfertigt. An den Angaben über

---

[1]) Darunter befand sich auch ein Kümmerzwerg.

Pygmäen an den Quellen des Nil bleibt auch nach Beseitigung aller poetischen Zuthaten dennoch ein wahrer Kern. Thatsächlich kamen dort Pygmäen vor. Ossa loquuntur.

Nun kommen aber neue Zweifel anderer Art. Viele angesehene Anthropologen und Ethnologen sprechen die Vermutung aus, alle die bisher bekannt gewordenen Pygmäenrassen seien lediglich degenerierte Abkömmlinge der grossen Leute, unter denen sie entweder in abhängiger Stellung leben, oder von denen sie sich getrennt haben. Die geringe Körpergrösse soll von Nahrungsmangel herrühren. *v. Wissmann,* der an seinen Batua eine Durchnittsgrösse von 1,40 Meter feststellte, *v. François,* der am obern Tschuappa die Männer ebenso gross fand und die Weiber auf 1,20 Meter schätzte, *Schweinfurth, Long, Felkin, Emin-Pascha, Stuhlmann, Osk. Lenz, G. A. Fischer* u. A., sie alle sollten von pathologischen, degenerierten Menschen getäuscht worden sein? Den ersten Anstoss zu dieser seltsamen Beurtei-

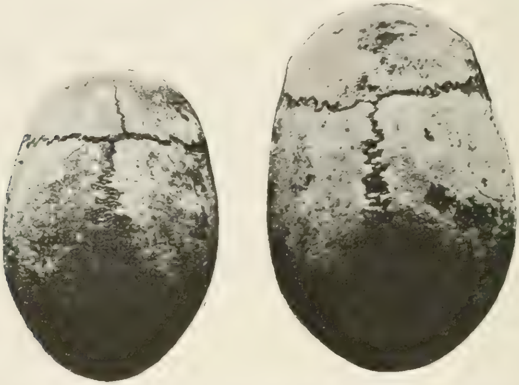


Fig. 3. Schädel eines Pygmäen und Schädel eines prähistorischen Nordafrikaners, beide aus Abydos. Nach ***MacIver.***

lung gab vielleicht die Meinung von *R. Virchow*, es gäbe manche degenerierte Menschenrassen. Er wollte damit gewisse somatische Eigenschaften der Lappen und der Grönländer treffen, eine Anschauung, die sich wohl begründen lässt. Bezüglich der Rassenzwerge kenne ich aber keine bezügliche Bemerkung von ihm, im Gegenteil bezüglich der Weddas hat er eine solche Auffassung sogar zurückgewiesen und in einer langen Diskussion im Schosse der Berliner anthropologischen Gesellschaft ist er *Nehring* entgegengetreten, der seine Vorstellung von Kümmerformen im Tierreich auch auf gewisse Menschenrassen, insbesonders auf die Pygmäen übertragen wollte. Eine ausführliche Darstellung dieser Ansicht findet sich bei Ranke (94) und neuerdings bei Sokolowski (02). Sie ist keineswegs neu. Man lese nur die Darlegungen der Herrn Sarasin (92); da wird sich zeigen, dass ähnliche Urteile in zahlreichen Abstufungen schon abgegeben wurden hinab bis zur Vermutung, die Weddas seien Affen. Wenn neuestens die alte Variante wiederkehrt, die Weddas seien gewissermassen Singhalesen unreinen Blutes, die überdies durch ihr Wald- und Jägerleben degeneriert und verwildert seien, so muss man fragen, wo denn irgendwo in der Welt das Wald- und Jägerleben degeneriert hätte? Abgesehen davon, dass alle jetzigen Kulturvölker einmal durch dieses Leben hindurchgegangen und sich trotzdem und gerade deshalb vortrefflich erhalten haben, genügt es ja nur an die Indianer, die Neger, die Australier u. s. w. zu erinnern. Wer hätte jetzt nicht solche Leute gesehen, welche in Karawanen durch Europa geführt werden und doch wahrlich das Gegenteil von Degenerationsvorgängen zeigen.

Die Degenerationshypothese ist eine voreilige Entscheidung über die Rassenzwerge, entstanden unter dem

Eindruck jener verkümmerten Jammergestalten, denen jeder von uns schon im Leben begegnet ist, entstanden unter dem Eindruck pathologischer Zwerge, deren Entstehungsgeschichte oben erwähnt wurde. Beobachter, die sich nach dieser Richtung hin ihre Objektivität bewahrt oder gar direkt mit den lebenden Rassenzwergen verkehrt haben, drücken sich über die körperliche Beschaffenheit ganz anders aus. Ich nenne zuerst über die Weddas die Herren *Sarasin*, deren Angaben in dieser Hinsicht ganz entschieden im Gegensatz stehen zu der Degenerationshypothese. Im Laufe des Winters war dann Dr. *Leopold Rütimeyer*, ein vielbeschäftigter Arzt aus Basel, in Gesellschaft der Herren *Sarasin* in Ceylon, und hat die Weddas aufgesucht. Er sprach sich in einem Vortrag in der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel[1]) ganz entschieden gegen die Degenerationshypothese aus mit folgenden Worten: wenn man die in ihrer Weise für die Lebensaufgaben vollkommen ausgerüsteten, kräftigen und gesunden Naturweddas sieht, so wie wir sie gesehen haben, so wird man eine solche Idee, es handle sich um Kümmerformen, als gekünstelt und unnatürlich zurückweisen.[2])

Soviel gegen die Degenerationshypothese mit dem Zusatz, dass keines der Pygmäenskelette, die ich gesehen, Spuren der Degeneration erkennen liess, und ihre Zahl ist doch schon recht ansehnlich. Sie umfasst zunächst die Skelette der Schweizer Pygmäen, dann die zahlreichen Skelette von Pygmäen, die im Besitze der Herren *Sarasin* in Basel sich befinden, und ein Andamanenskelett in Florenz, das ich mit *Mantegazza* und *Regalia* untersucht habe. Unter der freundlichen Führung des leider schon verstorbenen Sir *Will. Flower* konnte ich die Skelette der beiden afrikanischen Pygmäen sehen, die sich in dem Museum of Natural history in London befinden und die s. Z. von *Emin Pascha* dorthin geschenkt wurden. Ich kenne die Schädel sizilianischer, afrikanischer, indischer und amerikanischer Pygmäen und bestreite, dass an denselben Spuren von Degeneration bemerkbar sind. Die Skelette stammen alle *von gesunden Repräsentanten der Rassenzwerge*, die in den ebengenannten Kontinenten gelebt haben.

---

[1]) Sitzung im Juli 1902 im Bernoullianum. Der Vortrag wird im Druck erscheinen.

[2]) Zwei andere Beobachter, deren Werke ich nicht selbst gesehen, über deren Inhalt ich aber von kompetenten Personen unterrichtet bin, finden die Pygmäen Afrika's kräftig gebaut mit gut entwickelter Muskulatur. Diese Männer, welche direkt mit den Pygmäen und längere Zeit sogar verkehrt haben, berichten nichts über Degeneration. Die Namen der beiden Kenner der afrikanischen Pygmäen sind *Lloyd* und *Johnston*. Die Titel siehe unten unter Nr. 99 und 02.

Um die Stellung der Pygmäen innerhalb des Menschengeschlechtes später diskutieren zu können, muss jetzt noch ein anderer Einwand erwähnt werden.

Bei Gelegenheit der Diskussion über den Anthropoiden von Trinil, den Pithecanthropus erectus *Dubois* habe ich die Thesis aufgestellt (95), die Pygmäen seien *die Vorläufer* der grossen Rassen. Diese Thesis wird bestritten und darauf hingewiesen, im Diluvium seien bisher nur grosse Rassen gefunden worden, diese seien deshalb älter, die Grossen stellten den Anfang der Menschheit dar *(Nehring)*. Dieser Einwurf erscheint zweifellos vielen sehr bedeutungsvoll, obwohl nach meiner Meinung das Gewicht dieser Gegenbemerkung sehr gering ist. Denn es dürfte sehr schwer fallen, irgend einen Naturforscher zu finden, der annehmen wollte, die Pygmäen seien erst in der neolithischen Periode entstanden. Zu der Zeit, als die Menschheit entstand, mussten die beiden Formen mindestens gleichzeitig auftreten. Wenn es die Grossen waren, die zuerst auftraten, dann mussten nach den allgemeinen entwicklungsgeschichtlichen Prinzipen die Kleinen doch ebenfalls mitentstehen. Eine doppelte, unabhängige Entstehung des Menschengeschlechtes ist naturwissenschaftlich betrachtet eine Unmöglichkeit. In solchen Streitfällen ist die Cardinalfrage am Platz: Gibt es eine Descendenz oder gibt es keine. Bekennt sich ein Naturforscher zu der grossen Lehre von der Descendenz, so bleibt kein anderer Ausweg, als die Annahme, dass die Pygmäen und die Grossen in einem Descendenzverhältnisse zu einander stehen Dann aber muss irgend eine Entscheidung gegeben werden. Da liegen nur zwei Möglichkeiten vor: entweder stammen die Kleinen von den Grossen ab, oder die Grossen von den Kleinen. Das erstere läuft auf die Degenerationshypothese hinaus, die unhaltbar und falsch ist. Es bleibt also descendenztheoretisch nur die zweite Möglichkeit bestehen, dass die Grossen von den Kleinen abstammen. Das ist nun in der That nicht nur meine Überzeugung, sondern wohl die aller Naturforscher, welche sich mit diesem Problem beschäftigen.

Von allen Beobachtern, die sich eingehend mit den Pygmäen befasst haben und namentlich von allen, die sie aus eigener Anschauung kennen, und deren Urteil darf wohl am meisten Beachtung finden, werden die Rassenzwerge als *Urrassen* bezeichnet. Die ganze Erscheinung dieser Menschenabart legt stets den Gedanken an Urrassen sofort nahe, wie aus allen Reiseberichten einstimmig hervorgeht. Diese Zwergrassen haben in ihrer Erscheinung etwas „primitives“, etwas ursprüngliches an sich im Vergleich zu den grossen Rassen. Der Ausdruck „Urrasse“ deutet dabei darauf hin, dass die Pygmäen die ersten Bewohner des betreffenden Gebietes waren. Das ist überdies eine Auffassung, die auch in den Überlieferungen der verschiedensten Völker enthalten ist, seien sie Kultur- oder Naturvölker.

Das Fehlen der Überreste in dem Diluvium fällt diesen Urteilen gegenüber nicht so sehr ins Gewicht, wie man glauben möchte. Die Funde werden nicht ausbleiben. Wenn sie bis jetzt mit den Grossen zusammen in dem Diluvium nicht gefunden wurden, so rührt dies wohl davon her, dass sich die Grossen von den Pygmäen getrennt haben, nachdem die Descendenz vollzogen war. Sie lebten, beide Formen, dann getrennt, in isolierten Horden wie noch jetzt in Centralafrika, oder auf Ceylon. So lege ich denn weniger Gewicht auf die Thatsache des Fehlens im Diluvium, dagegen vielmehr auf das übereinstimmende Urteil kompetenter Naturforscher, welche die Rassenzwerge als Urrassen betrachten, womit sie die Überzeugung ausdrücken wollen, aus dem Geschlecht der Rassenzwerge sei das Geschlecht der Grossen und zwar auf dem Wege des Transformismus hervorgegangen. Diese Auffassung stimmt mit allem überein, was wir von dem stammesgeschichtlichen Entwicklungsgang wissen. Die kleinen Formen der Pflanzen und Tiere sind immer den grossen vorausgegangen. Zuerst erschienen die Kleinen auf dem Schauplatz, dann erst kamen die Grossen, die sich aus den Kleinen entwickelten im Laufe der Zeit. Das Gegenteil stände in offenem Widerspruch mit den Regeln der Entwicklung. Der aufsteigende Gang schreitet wie ein ehernes Gesetz fort. Die Forschungen der Botanik, der Zoologie, der vergleichenden Anatomie und der Palaeontologie bestätigen dies überall. Die Riesenamphibien, die Riesensaurier, die Riesenvögel, die grossen Raubtiere, die grossen Einhufer und die grossen Wiederkauer — sie alle *sind nicht unvermittelt sofort* *als grosse Formen entstanden, sondern haben sich aus den verwandten, nahestehenden kleinern Arten allmählich entwickelt.* Zu den schon vorhandenen Thatsachen hat *Wortmann* neue hinzugefügt (Nr. 98).

Nach all diesen Darlegungen ist es klar, dass nicht die geringste Veranlassung vorliegt, für den Menschen einen andern Entwicklungsgang anzunehmen, man muss vielmehr voraussetzen, dass die grossen Menschenrassen aus den kleinen, also aus den Pygmäen hervorgegangen sind, ein Gedankengang, der mit Anschauungen *R. Virchow's* übereinstimmt und sich wohl mit denen vieler Naturforscher decken wird, sobald sie sich einmal mit diesem Problem beschäftigen werden.

Um diesen Gedankengang nicht bloss in Worten, sondern sozusagen sichtbarlich zu veranschaulichen, bediene ich mich des folgenden Schemas, wie es im täglichen Leben stets angewendet wird, sobald es sich darum handelt, komplizierte Verwandtschaftsverhältnisse einer Familie darzustellen. Dieses Schema besteht der Hauptsache nach aus divergierenden Linien, die von bestimmten Punkten ausgehen (Fig. 4). Zu diesem Schema diene die folgende Erläuterung. Durch römisch I, einem Rechteck, ist die Urhorde des Pygmäengeschlechts versinnlicht. Sie war klein und bestand aus gleichartigen unter sich übereinstimmenden Individuen. Die Erfahrungen über die geographische Verbreitung der Tierwelt drängen dahin, für diese Urhorde ein einziges Ursprungscentrum anzunehmen. In diesem Centrum vermehrten sie sich zu einem grossen Urstamm von Pygmäen.

Das kann als *die erste Periode* (I) *in der Entwicklung des Menschengeschlechts bezeichnet werden.* Wo sich dieses Centrum befand und wie lange diese erste Periode dauerte, kann hier nicht erörtert werden. Die *zweite Periode in der Entwicklung des Menschenge-*

schlechtes begann nach den Regeln der Descendenz damit, dass sich aus der Spezies der Rassenzwerge, das ist aus der Urhorde drei Unterarten oder Subspezies

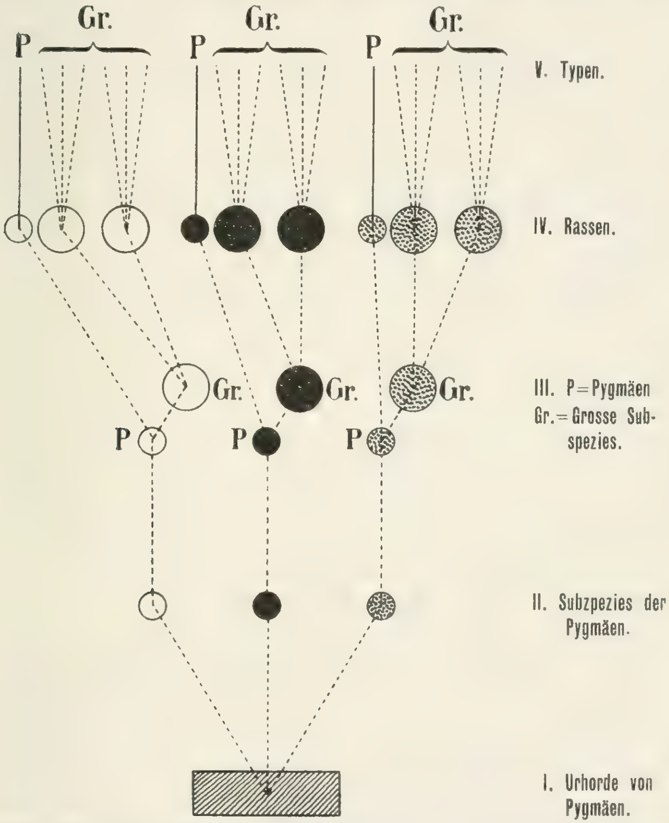

Gr.
P
Gr.
P
Gr.
P
V. Typen.
IV. Rassen.
Gr.
Gr.
Gr.
III. P=Pygmäen
Gr.=Grosse Subspezies.
P
P
P
II. Subzpezies der Pygmäen.
I. Urhorde von Pygmäen.

Fig. 4. Schematische Darstellung der Entwicklung des Menschengeschlechts und der systematischen Stellung der Pygmäen zu den grossen Rassen.

derselben kleinen Menschen entwickelten, welche sich durch Haar, Hautfarbe und durch die Form der Hirnschädel von einander unterschieden. Nimmt man die Form der Haare als bezeichnendes Merkmal, so sind diese drei Subspezies als wellhaarige (cymotriche), als wollhaarige (ulotriche) und als straffhaarige (lissotriche) zu unterscheiden. Diese drei Subspezies sind noch heute am Leben. Zu der wellhaarigen Subspezies gehören die Weddas und die indischen Pygmäen, zu der wollhaarigen die afrikanischen Zwergrassen und die Negritos und zu den straffhaarigen die amerikanischen Pygmäen.

Diese *zweite Periode der Evolution* der Pygmäen ist in dem Schema als ein System divergierender Linien angedeutet, welche schliesslich in kleinen Kreisen endigen Diese kleinen Kreise sind verschieden, um die bestehenden Unterschiede innerhalb der drei Subspezies anzudeuten. Die divergierenden Linien sollen gleichzeitig die Thatsache der *Wanderung* ausdrücken, durch welche die Rassenzwerge in die verschiedenen Kontinente vordrangen.

Die *dritte Evolutionsperiode* entwickelte eine grosse und bedeutungsvolle Mannigfaltigkeit des Menschengeschlechts dadurch, dass zu den Pygmäen noch die Grossen hinzukamen. Aus der cymo-, ulo- und lissotrichen Subzpezies der Pygmäen entstehen ebensoviele *grosse* Subspezies, die in gleicher Weise von einander verschieden sind, wie die Pygmäen. Zieht man auch hier, nach dem Vorgange *Haeckels*, der die Gliederung des Menschengeschlechts am ausführlichsten behandelt hat (89), die Haare als unterscheidendes Merkmal heran, dann sind diese grossen Subspezies am besten ebenfalls als cymo-, ulo- und lissotriche zu unterscheiden. Dieser Vorgang stellt die dritte Schöpfungsperiode des Menschen dar, und ist (siehe Schema römisch III) dadurch ausgedrückt, dass ein kleiner und ein dazu gehöriger grosser Kreis dreimal wiederkehrt und dass der grosse als eine Abzweigung des kleinen erscheint.

Der Vorgang hat sich wie bei den Pflanzen und Tieren in der Weise abgespielt, dass ein Teil der Pygmäen sich in grosse Rassen innerhalb einiger Generationen umwandelte und zwar durch Mutation, durch einen Vorgang, den neuerdings *de Vries* (01) ausführlich geschildert hat. Die Anwendung der Erfahrungen über Mutation für die Naturgeschichte des Menschen ist dann von mir kurz durchgeführt worden (01).

Mit dieser dritten Entwicklungsreihe ist die Urgeschichte der Menschheit noch nicht abgeschlossen. Aus den Subspezies entwickelten sich nunmehr erst *die grossen und die kleinen Rassen*, die wir nach den Eigenschaften des Gesichtes klassifizieren. Damit beginnt

Die *vierte Evolutionsperiode* des Menschengeschlechts, diejenige der Rassen. In jedem Rassenkontinent treten Rassen auf; die wellhaarige Subspezies der Grossen lässt aus sich wellhaarige Rassen hervorgehen, die wollhaarige Subspezies wollhaarige Rassen und ebenso die straffhaarige Subspezies straffhaarige Rassen. Diese Periode halte ich für ausserordentlich bedeutungsvoll, weil sich damit charakteristische Verschiedenheiten in sehr auffallender Weise ausprägen. Die langen Gesichter und die breiten sind wichtige Entwicklungsstufen, die in ihrem ganzen Umfang noch nicht gewürdigt worden sind. In beiden Rassen, den Lepto- und den Chamaeprosopen, sind scharfe und charakteristische Zeichen vorhanden, welche durch die Correlation in einen ganz bestimmten Zusammenhang gebracht werden. Dazu kommen die Veränderungen an der Hirnkapsel, wodurch in *jedem Rassenkontinent* Langschädel, Kurzschädel und mittellange oder Mesocephalen entstehen. Die anthropologischen Arbeiten der letzten Jahrzehnte haben zahlreiche Beweise für diese Gliederung des Menschengeschlechtes gebracht. Die Zeit, in der diese Gliederung stattfand, lässt sich annähernd skizzieren; sie fand wohl um die diluviale Epoche herum ihren vorläufigen Abschluss, doch damit noch nicht ihr Ende. Denn die Menschheit entwickelt sich somatisch noch weiter insofern in jedem Rassenkontinent noch weitere Differenzierungen vorkommen. Sie sind am genauesten in dem Kontinent der wellhaarigen Rassen und namentlich Europas bekannt, wo die blauen, braunen und grauen Augen, die hellen Haare und die helle Haut u. s. w. hinzukommen.

Die *fünfte Stufe in der Entwicklung der Menschheit* ist diejenige, in der wir uns jetzt befinden. Die Gliederung hat sich vermehrt und es sind wie im Tier- und Pflanzenreich Formen entstanden, die als Lokalvarietäten unterschieden werden können und für die ich den Namen „Typen“ vorschlage. Es finden sich z. B. in Europa zwei *brachycephale* blonde Typen, und ein brachycephaler brünetter Typus; dann zwei *dolichocephale* blonde Typen und ein dolichocephaler brünetter Typus, also mindestens sechs verschiedene Lokalvarietäten oder Typen, die Mesocephalen nicht mitgerechnet. In unserm Schema ist nicht genug Raum vorhanden, um die ganze Reichhaltigkeit der Gliederung zum Ausdruck zu bringen, sie ist also durch die divergierenden Linien nur angedeutet.

Nach der Ausbildung der obenerwähnten Typen ist die Reihe der Mutationsperiode für die grossen Rassen vorläufig als abgeschlossen zu betrachten. Alle Zeichen deuten darauf hin, dass seit mehr als 10,000 Jahren keine neue Mutationsperiode eingetreten ist. Nach all dem, was die neolithische und die paläolithische Periode an Funden menschlicher Knochen geliefert hat, sind die Rassen und ihre Varietäten bezüglich ihrer charakteristischen Merkmale persistent d. h. unverändert geblieben, wahrscheinlich aber seit einer längern Zeit als oben in Zahlen angegeben wurde.

Das in Figur 4 aufgebaute Schema ist, wie aus der Deutung desselben hervorgeht, in den Perioden röm. III—V auf unbestrittene Thatsachen der Anthropologie hin aufgebaut. Nach all dem, was überdies die Entwicklung der Tierformen gelehrt hat, darf man also annehmen, dass das Schema der Wahrheit in Bezug auf Gliederung und Differenzierung der grossen Rassen wenigstens in den Hauptpunkten nahe komme.[1])

Die Beziehungen der Pygmäen zu diesen grossen Rassen und die Stellung der Pygmäen in dem System ist zwar in dem Schema und in den ersten erklärenden Sätzen schon hinreichend dargelegt, allein einige zusammenhängende Bemerkungen mögen hierüber noch Platz finden.

Die Pygmäen sind nach meiner Darstellung die Stammform des Menschengeschlechtes, dem phylogenetischen Gesetz entsprechend, dass die grossen Formen aus den kleinen durch Descendenz hervorgehen.

Nach den Erfahrungen von *de Vries* (01) treten die neuen Eigenschaften sofort in einer bedeutenden Anzahl von Individuen gleichzeitig auf und zwar in ungefähr 3 %. Denken wir uns eine Horde von 100,000 sprachlosen Quadrumanen, gleichviel welches Namens, als Vorläufer der Pygmäen, dann würden 3000 derselben, sobald die Mutationsperiode eintritt, auf einmal in Pygmäen mit menschlicher, artikulierter Sprache und einem höhern Gehirnvolumen, mit aufrechtem Gang und mit geringem Haarwuchs umgewandelt werden. Diese 3000 bildeten die Urhorde, den Urstamm des Menschengeschlechtes. Noch gleichartig gebaut und beschaffen, stellen sie den Ausgangspunkt aller weitern Entwicklungsformen des Menschengeschlechts dar. (Siehe Schema röm. I).

---

[1]) Die oben angewandte Terminologie für die verschiedenen Gliederungen der Menschheit sei hier übersichtlich aneinandergereiht (vergleiche das Schema):

1) *Spezies* = *Art*, zum erstenmal aufgetreten als Urhorde von Pygmäen: Römisch I des Schema.
2) *Subspezies* = *Abart*, aus der Spezies hervorgegangen. Nr. II.
3) *Rassen*, aus den Subspezies hervorgegangen. Schema Nr. IV.
4) *Varietäten* = Typen = Lokalvarietäten, aus den Rassen hervorgegangen (siehe Schema Nr. V).

Diese Urhorde begann nun ihre weitere Entwicklung. Durch eine Reihe von Mutationen entstanden Horden mit Wellhaar, Horden mit Wollhaar und Horden mit Straffhaar, die sich trennten, mit Eigenschaften, die thatsächlich bei den Pygmäen der verschiedenen Rassenkontinente vorkommen. Dieser Vorgang ist durch römisch II ausgedrückt.

Aus diesen drei neuen und jetzt durch viele Merkmale verschiedenen Pygmäenhorden (röm. II) *erfolgte die grosse That, die Geburt der grossen Rassen, welche durch ein grösseres und schwereres Gehirn die Pygmäen übertreffen* und dadurch für den Kampf ums Dasein und für die Beherrschung der Welt besser ausgerüstet wurden. Dieses wichtige Ereignis ist in dem Schema bei röm. III dadurch angedeutet worden, dass neben jeden der drei kleinen Kreise ein grosser gesetzt wurde, der überdies mit dem kleinen in Zusammenhang steht durch eine Linie. Diese Linie ist von grosser Bedeutung, denn sie soll ausdrücken, dass die Grossen durch Descendenz von den Pygmäen abstammen.

Nachdem eine weitere Divergenz der Pygmäen, wie sie aus dem Schema namentlich bei römisch IV angedeutet ist, wegen des Mangels bezüglicher Untersuchungen noch nicht hinreichend festgestellt ist, wurde die Fortpflanzungslinie der Pygmäen gerade in die Höhe gezogen und endigt neben denjenigen Linien, welche die Varietäten der grossen Rassen andeuten (bei röm. V).

Obwohl die vorhergehenden Ausführungen lediglich dazu dienen sollten, die Stellung der Pygmäen innerhalb des Menschengeschlechtes darzulegen, gehen aus dem Schema, das diese Stellung zum Ausdruck bringt, doch noch zwei wichtige Umstände hervor: erstens, dass die Pygmäen ebensogut wie die grossen Rassen Mutationsperioden durchgemacht haben und zweitens, dass den Mutationsperioden solche der Konstanz gefolgt sind, in denen zwar so, wie wir dies jetzt noch beobachten, eine Menge von sog. Anomalien in den einzelnen Organen auftraten, aber eine fortschrittliche Umänderung der Formen dennoch ausgeschlossen blieb.

So folgten den Mutationsperioden, trotz der sog. Anomalien oder Abnormitäten, wieder Perioden der Dauerbarkeit, wie sich denn auch jetzt die ganze Menschheit, soweit die Beobachtung aufweist, in einem solchen Zustande des Gleichgewichtes befindet, so dass man von den verschiedenen Typen der Jetztzeit (siehe Schema röm. V) als von *Dauertypen* sprechen darf.

Aus dem Schema Fig. 4 ist die progressive Entwicklung von einer pygmäenhaften Urhorde zu den Pygmäen und von den Pygmäen zu den hochgewachsenen Rassen nur in den allgemeinsten Zügen angedeutet. Spezielle Fälle bleiben zunächst völlig ausser Diskussion, wozu ich z. B. den von *R. Virchow* (81) einst bestrittenen Zusammenhang der Weddas mit den hochgewachsenen Rassen Indiens, besonders den Singhalesen hervorhebe. Ich führe zunächst seine Worte an, weil sie gleichzeitig gegen die schon oben als irrig erwiesene Degenerationshypothese Front machen: „Wie die Weddas nicht durch regressive Degeneration aus Singhalesen hervorgegangen sind, so haben sie sich sicherlich nicht durch einfache progressive Evolution zu Singhalesen umgestaltet. Gegen einen solchen einfachen Zusammenhang sprechen namentlich die Unterschiede im Gesichtsbau, welche alle Beobachter gleichmässig bezeugen.“ Ich erkenne diesen doppelten Vorbehalt mit Freuden an. Der erstere gegen die Degenerationshypothese stimmt völlig mit meiner Erfahrung überein, und was die progressive Evolution der Pygmäen direkt zu den Singhalesen betrifft, so lehne ich eine solche genetische Beziehung ebenfalls ab. Die Singhalesen sind, wie die Tamilen, Abkömmlinge hochgewachsener Rassen, aus ihnen direkt hervorgegangen, also in erster Linie *stammverwandt nur mit den hochgewachsenen Rassen* Indiens. Erst in zweiter weit zurückliegender Linie (siehe das Schema) darf man an eine Abstammung von Pygmäen denken. Wie sich dieser Vorgang im Einzelnen gestaltet haben mag, muss zunächst noch unentschieden bleiben. Dazu sind noch weitgehende Studien notwendig. Nur soviel darf nach meiner Meinung angesichts der Verschiedenheit unter den Pygmäenstämmen schon heute ausgesagt werden, dass die grossen Rassen Europas, jene Asiens und jene Afrikas von verschiedenen Pygmäenhorden abstammen, die schon in der Urzeit, wohl im Tertiär aufgetreten sind. Von diesem weiten Gesichtspunkt aus muss das Schema Fig. 4 betrachtet werden. Die divergierenden Linien deuten auf Verschiedenheiten des Ortes, die nach Kontinenten bemessen werden müssen, und deuten auf Zeiträume, die nach Jahrzehntausenden geschätzt werden sollen. Nur so lässt sich die Thatsache verstehen, dass die Neger neben sich wollhaarige negerartige Pygmäen besitzen, die cymotrichen Inder und Europäer cymotriche und die lissotrichen Indianer lissotriche Pygmäen umschliessen.

Fassen wir das Ergebnis der vorliegenden Darlegungen zusammen, so ergibt sich folgendes:

1. Neben den grossen Rassen sind in allen Kontinenten auch kleine Menschenrassen zu finden, deren Körperhöhe zwischen 120—150 cm, deren Hirngewicht zwischen 900 und 1200 ccm. schwankt.

2. Auch der amerikanische Kontinent enthält Pygmäen, wie sie zahlreich in Peru und an anderen Orten nachgewiesen sind.

3. In Europa mehren sich die Pygmäenfunde; zeitlich reichen sie von der neolithischen Periode (Schweiz etwa 10,000 Jahre v. Chr.) bis in unsere Tage (Sizilien) herein und örtlich sind sie über Sizilien, die Schweiz, Frankreich und Deutschland an mehreren Orten zerstreut gewesen (nach *Sergi* auch in Russland).

4. Die Pygmäen sind keine verkümmerten degenerierten Abkömmlinge der grossen Rassen, sondern gesunde und wohlentwickelte jedoch kleine Abarten des Menschengeschlechts.

5. Die systematische Stellung zu den grossen Rassen beruht in einer stammesgeschichtlichen Verwandtschaft, wobei die Pymäen als Urrassen aufzufassen sind, aus denen sich die grossen Rassen entwickelt haben.

6. Die Nachrichten der Alten, sowohl der Naturforscher als der Dichter, über das Vorkommen von Pygmäen an den afrikanischen Sümpfen, in denen man sich den Ursprung des Nil dachte, sind in der Hauptsache zutreffend. In den Grabfeldern Oberägyptens, die aus der Urzeit und der Zeit der ersten Dynastien stammen, liegen Pygmäen neben den grossen Rassen bestattet. Die Gräber gehören teilweise der neolithischen Periode an. Zu gleicher Zeit, wie am Schweizersbild bei Schaffhausen, lebten auch in Oberägypten Pygmäen zusammen mit den grossen Rassen.

Basel, im Juli 1901.

Litteraturnachweise.

00 **Breus** u. **Kolisko.** Die pathologischen Beckenformen. I. Bd, 1 Teil. Leipzig u. Wien 1900. — Siehe dort die ausgedehnte Litteratur, auch der Arbeiten von **R. Virchow, Marchand, Kaufmann** u. a.

43 **Forster's, Georg** sämtliche Schriften. Vierter Band. Leipzig 1843. S. 360.

89 **Hæckel, E.** Natürliche Schöpfungsgeschichte. 8. Auflage. Berlin 1889. 8⁰.

98 **Hæckel, E.** Über unsere gegenwärtige Kenntnis vom Ursprung des Menschen. Vortrag. Bonn 1898. 8⁰.

02 **Johnston, Sir H.** The Uganda Protectorate. 2 vol. London 1902.

95 **Kollmann, J.** Verhandlungen der Berliner anthropologischen Gesellschaft. Ausserordentliche Sitzung v. 14. Dez. 1895. Diskussion über den Pithecanthropus erectus Dubois. Siehe dort auch die Litteratur.

01 **Kollmann, J.** Die Fingerspitzen aus dem Pfahlbau von Corcelettes (Schweiz) und die Persistenz der Rassen Archivio per l'Antropologia e l'Etnologia. Vol. XXXI 1901. Festschrift zur Jubelfeier der italienischen anthropologischen Gesellschaft.

99 **Lloyd, A. B.** In Dwarf Land and Canibal Country. London 1899. Eine Notiz in Journ. Anthr. Institut. London, Vol. XXX, 1900. Nr. 280 (22).

01 **MacIver, D. R.** The earliest inhabitants of Abydos. Oxford 1901. 4⁰. Mit 7 photographischen Tafeln und mehreren Tabellen.

99 **Marchand.** Über einen Fall von Zwergwuchs. Sitzb. der Ges. zur Beförderung der ges. Naturwissenschaften. Marburg, März 1899. Siehe dort weitere Litteraturhinweise.

96 **Petrie, W. M. F.** and **Quibell, J. E.** Nequada and Ballas. London. Publications of the Egypt exploration Fund. Mit 86 Tafeln. Quaritsch 1896. 4°.

00 **Petrie, W. M. F.** with **Griffith, F. L.** The Royal Tombs. Publications of the Egypt exploration Fund. London 1900. 4⁰. Mit 67 Taf.

01 **Petrie, W. M. F.** with Chapters by **Mace, A. C.** Diospolis parva. Publications wie oben. London 1901. 4⁰. Mit 48 Tafeln.

01 **Petrie, W. M. F.** with Chapter by **Griffith, F. L.** The Royal Tombs of the earliest Dynasties. Publications wie oben London 1901. 4⁰. Mit 63 Tafeln.

01 **Petrie, W. M. F.** The Royal Tombs of the earliest Dynasties. London 1901. 4⁰. Ein Atlas von mehr als 50 Tafeln. Publications wie oben. Siehe ferner Journal of the Anthropological Institut London 1898 1902. Ferner Zeitschrift für ägyptische Sprache Bd. 35 mit Abhandlungen und Notizen von **Sethe, Spiegelberg** und **Ermann.** Die Arbeiten von **Amélineau,** Les nouvelles fouilles d'Abydos, waren mir leider nicht zugänglich. Ich kenne sie nur aus einer Notiz von **Maspero,** Revue critique 1897.

94 **Ranke, J.** Der Mensch. 2. Aufl. 2. Bd. S. 114 u. ff. Leipzig und Wien 1894. 8⁰.

92 **Sarasin, P. u. Fr.** Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen auf Ceylon. Bd. III. mit Atlas von 84 Tafeln. Wiesbaden 1892—1893.

02 **Sokolowsky, A.** Menschenkunde. Eine Naturgeschichte sämtlicher Völkerrassen der Erde. 1902. Mit 41 Tafeln. 3. Aufl. Union Deutsche Verlagsgesellschaft.

64 **Speke, J. H.** Journal of the discovery of the source of the Nile. 2. Auflage. London 1864. S. 551.

83 **Virchow, Rud.** Foetale Rachitis, Cretinismus u. Zwergwuchs. Arch. für path. Anat. Bd. 94. Berlin 1883. — Dort sind Hinweise auf die übrigen wichtigen Abhandlungen desselben Verfassers zu finden, die sich auf diese Frage beziehen.

81 **Virchow, R.** Über die Weddas von Ceylon u. ihre Beziehungen zu den Nachbarstämmen. Abhandlungen der Berliner Akademie. Berlin 1881. 4⁰. Mit 3 Tafeln.

Reiss u. Stübel. Das Totenfeld von Ancon in Peru. Darin Abt. XIV. Schädel von **R. Virchow.** Berlin. Folio. Mit Tafeln. 108—116.

01 **De Vries.** Die Mutationstheorie, Versuche und Beobachtungen üb. die Entstehung der Arten im Pflanzenreiche. Leipzig 1901.

98 **Wortmann, J. L.** The extinct Camelidae of North-America and some associated Forms. Bulletin of the American Museum of Natural History. Vol. X. 1898. 8⁰. Mit 1 Tafel und 23 Textfiguren.

71 Über Zwergvölker. Petermanns Mitteilungen. 17. Band. Gotha 1871. S. 139.

Marine Schmarotzer in Süsswasserfischen.

Von

F. Zschokke in Basel.

Die Zusammensetzung der Parasitenfauna eines Tiers wird durch zwei Gruppen von Faktoren geregelt, Verhältnisse der umgebenden Aussenwelt und Bedingungen, die im bewohnten Wirt und im Parasiten selbst liegen. Von den äusseren Momenten wirkt besonders entscheidend auf den Schmarotzerbestand eines Organismus der Charakter der mit ihm lebenden Tier- und Pflanzenwelt. Zu ihr tritt der Parasitenträger in ununterbrochene, enge Wechselbeziehungen, von denen sich die parasitologisch wichtigsten, wenn auch nicht einzigen, in der gegenseitigen Lieferung und Abnahme von Nahrungsmaterial ausdrücken. Tier und Pflanze übertragen Schmarotzer auf Wirte und empfangen von ihnen selbst wieder auf mannigfach gewählten Wegen Parasitenbevölkerung. Die Wechselbeziehung von Wirt und Zwischenwirt, Träger und Überträger, Räuber und Beute prägt sich notwendigerweise im faunistischen Aufbau der Helminthenwelt jedes Lebewesens aus.

Charakter von Fauna und Flora hängt indessen in hohem Grade von äusseren lokalen Verhältnissen, von der Natur des bewohnten Mediums, seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften ab. Mit ihnen wechselt von Ort zu Ort die Tier- und Pflanzenwelt und gleichzeitig die sie begleitende Schmarotzergesellschaft. Wie jedes Medium nur bestimmten Organismengruppen passende Heimat bietet, beherbergt auch seine Tierbevölkerung nur bestimmte, anderswo kaum vorkommende Helminthen. Die chemischen und physikalischen Bedingungen des Mediums üben so durch Ausschluss und Zulassung von Wirten und Zwischenwirten indirekt einen tiefen, auswählenden Einfluss auf den Stand der Schmarotzerfauna aus. Dieselben äusseren Verhältnisse beeinflussen die Parasitenwelt aber auch direkt in allen jenen so äusserst zahlreichen Fällen, in denen die Helminthen gewisse Entwicklungsstadien, Eier, Embryonen, Larven dem freien Medium anvertrauen. Von der Aussenwelt werden nunmehr unmittelbar bestimmte chemische und physikalische Bedingungen gefordert, unter denen allein die betreffende Helminthenspezies sich entwickeln kann und die sich oft weitgehend spezialisieren. So wurde früher gezeigt, dass Reichtum und Zusammensetzung der Helminthenfauna im stehenden und fliessenden Süsswasser nicht unbeträchtlich von einander abweicht. Die Differenz erklärt sich zum guten Teil dadurch, dass im ruhenden Wasser die Jugendstadien mancher parasitischen Würmer sich frei zu entwickeln vermögen, während sie im Fluss oder Strom nicht gedeihen (63).

Es wird somit jede Parasitenfauna gewissermassen zum Spiegelbild der Biologie des Wirts, seiner Lebensgewohnheiten und besonders seiner Beziehungen zu den Geschöpfen, die mit ihm den Wohnort teilen. Jeder Nahrungs- und Wohnungswechsel eines Tiers findet seinen Wiederhall in Veränderungen im Helminthenbestand. Die Parasitenbevölkerung steht aber auch unter dem direkten und indirekten Einfluss von Physik und Chemie der umgebenden Aussenwelt.

Folgt so der Charakter parasitischer Gesellschaften äusserem Drucke, so wird er nicht minder durch innere, im Wirt und Parasiten selbst liegende Verhältnisse bestimmt. Jeder Schmarotzer passt sich im Bau und in der Lebensgeschichte bis zu einem gewissen Grade seiner Herberge, ihren anatomischen und physiologischen Bedingungen an und spezialisiert sich in Bezug auf dieselben. Er findet die zu seinem Gedeihen nötigen Voraussetzungen nur in einem, oder relativ wenigen Wirtskörpern realisiert.

Allerdings schwankt der Grad der Anpassungsfähigkeit an verschieden gebaute Wirte in weiten Grenzen.

Braun (3) erwähnt, dass oft nahe verwandte Tierarten von gleicher Ernährungs- und Lebensweise eine recht verschiedene Cestodenbevölkerung beherbergen. *Phalacrocorax graculus* und *Lestris parasitica* z. B., beides grosse Fischräuber, besitzen keine Bandwürmer, trotzdem sie derselben Beute nachgehen, wie die nahestehenden, an jenen Gästen reichen *Larus*- und *Sterna*-Arten. Dieser parasitologische Unterschied dürfte auf einer Verschiedenheit der Verdauungssekrete von *Phalacrocorax* und *Lestris* gegenüber *Larus* und *Sterna* beruhen. Im einen Fall würden die eingeführten Bandwurmlarven der Verdauung erliegen, im anderen nicht. Der physiologischen Differenz entspricht natürlich auch eine anatomische.

In anderen Fällen dagegen dehnt ein Parasit sein faunistisches Verbreitungsgebiet über Wirte sehr verschiedener systematischer Stellung, d. h. sehr abweichenden Baus aus. So bewohnt, um nur extreme Vorkommnisse zu nennen, das für Süsswasserfische typische Cestodengenus *Ichthyotaenia* auch Amphibien und Reptilien, besonders Schlangen, und gedeiht der Bandwurm von Gans und Ente, *Drepanidotaenia lanceolata*, auch im Menschen (63).

In *Echinorhynchus proteus* kennen wir einen Parasiten, der bereits seine Zwischenwirte aus sehr weitem Kreise wählt und erwachsen die verschiedensten Fische von Meer und Süsswasser besiedelt. Die Anoplocephalinen der Säuger kehren, nach Fuhrmann (6), in den Vögeln wieder.

Wie sehr übrigens die vom Wirt selbst gegebenen Bedingungen auf die Zusammensetzung einer Parasitenfauna entscheidend einwirken, wird uns bald der Süsswasserfisch *Lota vulgaris* zeigen. Er beherbergt eine Reihe rein mariner, hauptsächlich den Gadiden zukommender Helminthen. Trotzdem Stockfische und Trüschen in einem ganz verschiedenen Medium, Meer und Süsswasser, sich aufhalten, trotzdem für sie die äusseren Bedingungen wesentlich verschiedene sind und ihre Lebensweise und Nahrung von einander abweicht, besitzen sie doch einen gemeinsamen Bestand durchaus typischer Helminthen. Die nahe systematische Verwandtschaft, der ähnliche anatomische Bau von *Lota* und *Gadus* drückt sich in entsprechenden, parasitologischen Verhältnissen aus.

Zwei Gruppen von Faktoren, äussere und innere, legen somit Grenzen für die Schmarotzerfauna biologischer und anatomischer Organismeneinheiten. Je ähnlicher im allgemeinen in Bau und Lebensgewohnheit die Wirte werden, desto ähnlicher wird auch ihre Schmarotzerwelt, desto häufiger treten ihnen gemeinsame Parasiten auf.

Es kann nicht auffallen, dass der Parasitenbestand der Vögel von demjenigen der Fische, die Helminthenwelt der Säugetiere von derjenigen der Reptilien wesentlich abweicht.

Sogar innerhalb der grösseren, systematischen Einheiten verbreiten sich gewisse parasitische Organismen nur über bestimmte durch gemeinsame Lebensweise und ähnlichen Bau umgrenzte Wirtsgruppen. So lassen sich die schmarotzenden Würmer der Süsswasserfische im allgemeinen denjenigen der Meerfische entgegenstellen. Im Meer beherbergt wiederum Selachier und Teleosteer eine in mancher Hinsicht verschiedene Würmerbevölkerung. Bei einer parasitologischen Untersuchung von 257 marinen Fischen, die sich auf 72 Arten, 20 Selachier, 51 Teleosteer und 1 Ganoiden, verteilten, ergab sich ein bedeutend überwiegender Reichtum an Schmarotzern für Haifische und Rochen; besonders gehörten die Cestoden fast ausschliesslich den Knorpelfischen an. Im Ganzen waren 18 Selachier und 34 Teleosteer Parasitenträger; für sie gelten folgende Einzelzahlen:

Für jede Gruppe charakteristisch:

Infizierte Fischarten.	Cestoden.	Trematoden.	Nematoden.	Acanthocephalen.	Total.
20 Selachierarten	27	4	3	0	34
51 Teleosteerarten	6	12	17	1	36

Von 96 Exemplaren der Selachier waren 14, von 160 Teleosteern 60 parasitenfrei. Die Selachier erwiesen sich von einer relativ viel grösseren Arten- und Individuenzahl von Schmarotzern besetzt, als die Teleosteer. Sehr wenige Formen infizieren gleichzeitig beide Fischgruppen (58).

Zu ähnlichen Resultaten gelangte Lönnberg (24).

Die biologisch und anatomisch verschieden gestellten Fischfamilien des Süsswassers, wie Cypriniden, Salmoniden, Barsche, Hechte, werden von durchaus typischen Helminthen bewohnt. Oft charakterisieren die Schmarotzer sogar Genus und Spezies des Wirts. Aus dem Reichtum und der Zusammensetzung der Parasitenfauna eines Süsswasserfisches lässt sich erkennen, ob der betreffende Helminthenträger herbivor oder carnivor ist; der Schmarotzerbestand verrät das Alter des Wirts, er lässt mit einer gewissen Sicherheit Schlüsse zu, über die Natur seines Standorts, Strom, Bach oder See und über die Jahreszeit, in welcher er gefangen wurde.

Im allgemeinen wird aber die Verbreitung der parasitischen Spezies, wie des einzelnen Individuums, im süssen Wasser wieder durch die beiden Faktorengruppen der Aussenwelt und der Innenwelt bedingt.

Gegenwart und Abwesenheit passender Wirte und Zwischenwirte, sowie Lebensgeschichte und Organisation des Schmarotzers selbst und des Wirts sprechen ihr entscheidendes Wort mit. Die Notwendigkeit Eier oder freie Jugendstadien dem Wasser anzuvertrauen, bedeutet für manchen Helminthen Einschränkung seines Verbreitungsbezirks.

Dass innerhalb der Klasse der Fische gewisse parasitische Würmer ihr durch Lebensweise und Bau der Wirte begrenztes Verbreitungsgebiet wenigstens scheinbar überschreiten können, fand bereits kurze Erwähnung. Einige Fälle auffälligen Vorkommens von Schmarotzern in fremden Wirten und ungewohnten Medien sollen auch in den folgenden Zeilen erwähnt und faunistisch-biologisch gewürdigt werden.

Der einschneidende Gegensatz in den Lebensbedingungen von Meer und Süsswasser, die Verschiedenartigkeit der die beiden flüssigen Medien belebenden Fauna, der abweichende Bau und die verschiedene Lebensweise potamophiler und mariner Fische lässt tiefgehende Unterschiede in der ichthyophilen Parasitenfauna beider Bezirke mit Recht erwarten.

In der Fischparasitenfauna des Süsswassers treten, um nur die markantesten Erscheinungen zu nennen, durchaus typisch und dominierend die Cestodengenera *Ichthyotaenia, Cyathocephalus, Caryophyllaeus, Corallobothrium, Triaenophorus* hervor; in den Salmoniden lebt *Abothrium infundibuliforme,* in den Karpfen regelmässig die Larve von *Ligula,* in den Stichlingen diejenige von *Schistocephalus;* der breite Bandwurm des Menschen, *Dibothriocephalus latus,* benützt ebenfalls Süsswasserfische als Zwischenträger. Die Trematoden liefern, neben zahlreichen charakteristischen Distomeen, wie *Distomum globiporum* und *D. isoporum* für die Cypriniden, die Kiemenschmarotzer *Diplozoon* und *Gyrodactylus,* die Nematoden stellen *Cucullanus* und viele Ascariden, die Acanthocephalen mehrere Echinorhynchen. Letztere sind wieder besonders häufig in der rein potamophilen Gruppe karpfenartiger Fische.

Dagegen umfasst die Schmarotzerfauna mariner Fische, abgesehen von charakteristischen Acanthocephalen und Nematoden, eine Fülle nur ihr eigener ektoparasitischer Trematoden. Auch die Distomeen finden reiche Vertretung. Ganz besonders bestimmend und faunistisch umschreibend aber stellen sich die Cestoden ein. Ihre Repräsentanten im Meer sind viele typische Bothriocephaliden; die grosse Majorität der Ordnung der Tetraphylliden mit den umfangreichen Familien der Onchobothriiden, Phyllobothriiden und Lecanicephaliden. Sie alle fehlen im Süsswasser vollkommen. Dasselbe gilt von der Ordnung der Diphyllideen und Trypanorhynchen.

Die letzteren spielen in der Parasitenwelt der marinen Fische durch weite Verbreitung, massenhaftes Auftreten und weitgehende Spezialisierung des Haftapparats eine überaus wichtige Rolle. Ihr Scolex zerfällt in Kopf- und Kopfstiel und trägt neben zwei oder vier Bothridien, vier mit Hacken stark bewehrte, rückziehbare Rüssel.

Im Larvenzustand leben die Trypanorhynchen als „*Tetrarhynchus*“ eingekapselt in sehr verschiedenen marinen Tieren. Bevorzugt werden die Knochenfische, doch sind die Parasiten auch in Cephalopoden nicht selten. Sie finden sich ferner in dekapoden Krebsen, in Meerschildkröten und sogar in Polychaeten. Auch die Selachier beherbergen hin und wieder Larven von Trypanorhynchen, doch scheint es sich in diesen Fällen um verirrte, auf den unrichtigen Zwischenwirt geratene Exemplare zu handeln. Manche Tetrarhynchen bewohnen gleichzeitig die verschiedensten Fische; *F. bisulcatus* Linton parasitiert sogar gleichzeitig in Teleosteern und Cephalopoden. Oft erweist sich derselbe Fisch von mehreren — bis 6 — Tetrarhynchen-Arten besetzt. Die angedeuteten Verhältnisse mögen durch einige Zahlen näher beleuchtet werden.

v. Linstow's Compendium nennt als Herberge von Tetrarhynchen in der Larvengestalt 82 Knochenfische, 14 Selachier, 5 Cephalopoden, eine Schildkröte, die Schnecke *Tethys fimbriata* und den Polychaeten *Aphrodite aculeata*. In dem letztgenannten Tier erwähnt bereits Redi den Schmarotzer im Jahr 1684.

Nach der grossen Arbeit Vaullegeards (56) verteilen sich 59 Spezies von *Tetrarhynchus* auf 53 Teleosteer, 15 Selachier, 2 Cephalopoden, *Chelonia midas* und *Aphrodite*. Ausserdem entdeckte Vaullegeard den meistens in *Mustelus vulgaris* zur Strobila auswachsenden *Tetrarhynchus ruficollis* Eisenhardt in der Leber und Leibeshöhle von 9 kurzschwänzigen Dekapoden (55). Die Neapler Fische lieferten mir 11 Wirte — ausschliesslich Selachier — und 12 Zwischenwirte von Tetrarhynchen (58).

Im reifen Strobilazustand bevölkern die Trypanorhynchen massenhaft den Darm der Plagiostomen, viel seltener und wahrscheinlich wieder nur verirrt, denjenigen der Teleosteer.

Vaullegeard nennt als Hauptwirte 32 Rochen und Haifische neben nur 2 Knochenfischen, v. Linstow 33 Selachier, 5 Teleosteer und den Cephalopoden *Loligo vulgaris* (11, 12). *Raja clavata* allein besitzt unter seinen Parasiten acht Arten von Trypanorhynchen als Strobilae. Im Kettenzustand sind die Würmer auf eine Reihe von Gattungen — *Rhynchobothrium, Dibothriorhynchus, Tetrarhynchobothrium, Synbothrium* etc. — verteilt worden.

Die Wichtigkeit der Trypanorhynchen für die marine Parasitologie hat sich aus den angeführten Daten sofort ergeben.

Im süssen Wasser werden diese Schmarotzer bedeutungslos. Sie gelangen etwa in die Ströme durch den Transport in Wanderfischen. Erst in neuester Zeit aber konnte ich ihr freilich überaus seltenes Vorkommen in reinen Süsswasserfischen feststellen. Es handelt sich dabei in allen Fällen, bei wanderndem und stationärem Fisch des Süsswassers, um eingekapselte Larven, also Tetrarhynchen. Reife Strobilae, Rhynchobothrien, sind im Strom und See bis heute unbekannt geblieben.

Van Beneden (54) führt zuerst die Trüsche, *Lota vulgaris*, unter den Wirten von *Tetrarhynchus* an. In demselben Fisch aus dem Genfersee traf ich später ebenfalls Tetrarhynchencysten; als weiteren Wirt von *Tetrarhynchus* kann ich den rein potamophilen Wels, *Silurus glanis*, des Bielersees nennen. Die Fälle vom Vorkommen der betreffenden Parasiten in Süsswasserfischen sollen weiter unten eingehende Würdigung finden.

Unter den Wanderfischen, die zwischen Meer und Süsswasser regelmässig wechseln, bieten besonders Lachs und Aal mehreren Arten von Tetrarhynchen Herberge.

Lässt sich somit die Parasitenwelt mariner und potamophiler Fische durch eine faunistische Schranke ziemlich scharf von einander trennen, so fehlt es doch nicht an Wirten, welche die Elemente beider Helminthenfaunen in ihrem Körper vereinigen. Als solche parasitologische Bindeglieder zwischen Meer und Süsswasser dokumentieren sich die Wanderfische. Sie schleppen marine Parasiten in Fluss und See und tragen Schmarotzer der Süsswasserfische in das Meer hinaus.

Stör, Maifisch und Finte besitzen in ihrem Helmintheninventar deutliche marine Beimengungen. Im Aal mischen sich parasitische Würmer aus dem Meer und dem Süsswasser mit Elementen, die nur dem Wanderfisch angehören. Von seinen 48 Helminthen verbreiten sich 17 ganz oder vorzugsweise in meerbewohnenden Fischen. Allerdings wechselt der Charakter des Parasitenbestands je nach dem momentanen Aufenthaltsort des Fischs. So fand Linton (20) im Meer erbeutete Exemplare von *Anguilla* hauptsächlich mit marinen Parasiten besetzt. Sie beherbergten folgende für Meerfische typische Schmarotzer: *Agamonema capsularia*, *Echinorhynchus agilis*, *Rhynchobothrium heterospine*, *R. imparispine*, *R. bulbifer*, *R. spec.*, *Scolex polymorphus*, *Distomum grandiporum* und *D. vitellosum.* Mitten in dieser marinen Gesellschaft aber erscheint ein Vertreter des für Süsswasserfische so ungemein bezeichnenden Genus *Ichthyotaenia*, *I. dilatata*, und *Echinorhynchus globulosus*, der im Süsswasser 24, im Meer keinen einzigen Wirt zählt. Beide Würmer stellen sich offenbar als sekundärer Import in das Salzwasser dar.

Parasitologisch ganz besonders lehrreich verhält sich, nach früheren, ausführlichen Darstellungen (59, 60), der grosse und kräftige Raub- und Wanderfisch *Salmo salar*. In der lokal und temporal sich verändernden Zusammensetzung seiner Parasitenfauna spiegelt sich nicht nur die Gewohnheit weiter Wanderungen wieder, sie spricht auch deutlich für den Umstand, dass der Lachs in den verschiedenen Strömen ein recht verschiedenes Nahrungsregime befolgt. Mit Schmarotzern reich beladen tritt *Salmo salar* seine Reise in das süsse Wasser an. Er verliert im Laufe seiner Wanderung mehr und mehr diejenigen Parasiten, welche den offenen Darmkanal unterhalb des Pylorus bewohnen. Immerhin hat der Rheinlachs auch bei Basel noch als eine ungemein reiche Helminthenherberge zu gelten. Er und der Maifisch, die grossen Wanderer, führen eine ganz fremde Schmarotzerwelt in den Rhein; von ihren 20 Helminthen sind den Fischen des genannten Stroms sonst 17 fremd. Die im fliessenden Wasser aus schon angedeuteten Gründen wenig reich entfaltete Fauna parasitischer Würmer erfährt im Oberlauf des Rheins durch das Eintreffen von *Alosa* und *Salmo* eine Steigerung von $^2/_5$ der Spezieszahl.

Die faunistische Wichtigkeit dieses Helminthenimports wird ganz besonders dadurch erhöht, dass der Rheinlachs eine ausschliesslich marine Parasitenwelt trägt. Der Charakter seiner gesamten Wurmbevölkerung deckt sich mit demjenigen der Helminthengesellschaft irgend eines grösseren Meerfisches. Marine Vertreter der Gattungen *Ascaris*, *Echinorhynchus* und *Distomum*, daneben besonders aber auch zahlreiche Tetrarhynchen, drücken der Rheinlachsfauna durch massenhaftes und weitverbreitetes Auftreten den charakteristischen Stempel auf; reine Süsswasserparasiten fehlen ihr ganz. So erhält die Schmarotzergesellschaft der Rheinfische überhaupt einen eigenthümlichen Anstrich. In diesen parasitologischen Verhältnissen spricht sich die biologische Thatsache aus, dass der im Rhein aufsteigende Lachs fastet. Mit dem Wegfall der Nahrung schliesst sich im Süsswasser auch die Invasionspforte für parasitische Würmer.

Ähnlich wie im Rhein lebt der Lachs in der Elbe; er nimmt, nach Fritsch (5), auch in diesem Strom bis zur Laichablage absolut keine Nahrung auf. Dem entspricht wieder der rein marine Charakter der Parasitenbevölkerung des Elbelachs. Häufig tritt *Tetrarhynchus macrobothrius* v. Sieb. auf, daneben erscheint die für Meerfische so charakteristische Cestodenlarve *Scolex polymorphus.*

Anders dagegen verhalten sich die aus der Ostsee in die Flüsse aufsteigenden Lachse. Sie ernähren sich im Süsswasser reichlich und fügen so zu ihren marinen Parasiten potamophile Formen. In der Ostsee bleiben dem Lachs wenigstens diejenigen auf der Reise in das süsse Wasser erworbenen Schmarotzer, die geschlossene Organe bewohnen. Verhält sich also der Rheinlachs in Bezug auf seine Schmarotzer wie ein Meerfisch, so beherbergt dagegen der Lachs aus der Ostsee eine aus marinen und potamophilen Elementen gemischte Helminthengesellschaft.

Im Tay überwiegt in der Parasitenfauna von *Salmo salar* an Menge und Häufigkeit der marine Bestandteil; doch weist die Gegenwart einiger Gäste von Süsswasserfischen darauf hin, dass der Lachs im schottischen Fluss die Nahrung nicht ganz verschmäht.

Die Wanderfische erscheinen uns somit als faunistische Vermittler zwischen Meer und Süsswasser. Sie tragen typische Parasiten von dem einen Medium in das andere und sorgen besonders dafür, dass im fliessenden Wasser, Strom und Fluss, dessen Bedingungen nur eine mässige Entfaltung der Helminthenwelt gestatten, die parasitischen Würmer reichere Vertretung finden.

Im neuen Medium, Meer oder Süsswasser, wird der eine oder andere durch die Wanderer importierte Schmarotzer günstige Entwicklungsbedingungen und besonders die nötigen neuen Wirte und Zwischenwirte finden. Das führt zu einer dauernden Bereicherung der marinen und potamophilen Fauna. Die Parasitenwelt von Meer und Süsswasser erweitert ihr Gebiet, indem sie sich gleichzeitig vermischt und durchdringt

Für diese Vermischung wurden in früheren Arbeiten (59, 60, 62) zahlreiche Beispiele angeführt. Reine Meerparasiten, wie *Ascaris clavata*, *Echinorhynchus acus*, *Distomum varicum*, *D. appendiculatum*, schmarotzen auch in einzelnen Süsswasserfischen, während *Echinorhynchus proteus*, *E. angustatus*, *E. tuberosus*, *Triaenophorus nodulosus* u. a. m. sekundär im Meer passende Herberge finden. Besonders auffallend ist die Angabe Rudolphis, dass der rein marine Schmarotzer *Scolex polymorphus* auch im Süsswasserfisch *Cottus gobio* vorkomme. Denselben Cestoden fand Fritsch, begleitet von *Distomum varicum* und *Ascaris clavata*, im Darm von jungen Lachsen, welche den Oberlauf der Elbe noch nie verlassen hatten. Es setzen diese Funde voraus, dass auch die ausgewachsene Kettenform von *Scolex polymorphus*, das in Selachiern parasitierende *Calliobothrium*, gelegentlich in die Flüsse verschleppt werde.

Über das gegenseitige Verhältnis der Parasitenfauna mariner und potamophiler Fische mag auch die folgende Betrachtung der Helminthen von zwei reinen

Süsswassertieren, Trüsche und Wels, *Lota vulgaris* und *Silurus glanis*, aufklären. Von ihnen zählt *Lota* noch nahe Verwandte, die Gadiden, im Meer, während *Silurus* auf stehende und seichte Süsswasser beschränkt ist ohne mit Meerfischen in verwandtschaftlichen Beziehungen zu stehen. Der engere oder weitere Zusammenhang mit marinen Angehörigen drückt sich auch in der faunistischen Zusammensetzung der Parasitenwelt beider in Betracht fallenden Fische aus. Daneben wird sich ergeben, dass das Vorkommen von Meerschmarotzern im Süsswasser nicht allein auf die Einschleppung durch die grossen Wanderer erklärt werden kann. Die Gegenwart dieser fremden Elemente in den Fischen von See und Fluss scheint, wenigstens in manchen Fällen, auf alte, direkte Einfuhr zurückzuführen zu sein, die sich vollzog, als der Wirt selbst aus dem Meer allmählich in das süsse Wasser überging.

Zur Aufstellung des parasitologischen Inventars von *Lota* und *Silurus* diente, in Ergänzung des von Linstow'schen Compendiums der Helminthologie und des Nachtrags dazu (11, 12), die umfangreiche neuere Litteratur über Fischparasiten, besonders die Arbeiten von: Ariola (1), Braun (2), Hausmann (7), Jaquet (8), Kraemer (9), Largaiolli (10), v. Linstow (13—15), Linton (16—20), Lönnberg (21—24), Matz (25), Monticelli (26—28), Mühling (29), C. Parona (30, 31), Piesbergen (32), Pratt (35), Prenant (36), v. Ratz (37), Riggenbach (38), G. Schneider (39), Srámek (40), Stiles (41), Stossich (42—53) und Zschokke (57—63). Für *Lota vulgaris* liess sich so die folgende, stattliche Parasitenliste gewinnen.

Parasitische Würmer von Lota vulgaris.

Name.			Zahl der Wirte.			
			Süsswasser-Fische.	Meer-Fische.	Wander-Fische.	Total.
Nematodes.	**1.**	Ascaris mucronata Schrank, . . .	4	0	0	**4**
	2.	Ascaris tenuissima Rud.,	1	1	0	**2**
	3.	— lotae Linst., .	1	0	0	**1**
	4.	— acus Bloch. .	10	2	3	**15**
	5.	— capsularia Rud ,	2	55	3	**60**
	6.	Cucullanus elegans Zed.,	13	0	5	**18**
	7.	Trichosoma brevispiculum Linst., . .	2	0	0	**2**
	8.	Agamonema bicolor Dies., ...	4	0	1	**5**
Acanthocephala.	**9.**	Echinorhynchus globulosus Rud., .	24	0	1	**25**
	10.	— tuberosus Zed., .	9	2	1	**12**
	11.	— angustatus Rud.,	20	8	2	**30**
	12.	— proteus Westrumb,	37	19	8	**64**
	13.	— acus Rud., . .	3	37	0	**40**
	14.	— borealis Linst., .	1	0	0	**1**
	15.	— clavaeceps Zed.,	17	0	2	**19**
	16.	— spec. Zschokke, .	1	0	0	**1**
Trematodes.	**17.**	Distomum tereticolle Rud., ...	10	0	3	**13**
	18.	— simplex Olss. . .	1	10	1	**12**
	19.	Apoblema appendiculatum Rud., .	5	60	8	**73**
	20.	Gasterostomum fimbriatum v. Sieb., . .	8	0	1	**9**
	21.	Diplostomum volvens v. Nordm., . . .	8	0	0	**8**
	22.	Diplozoon paradoxum v. Nordm., ...	14	0	0	**14**
Cestodes.	**23.**	Abothrium rugosum Rud.,	1	11	1	**13**
	24.	— infundibuliforme Rud., ...	12	1	5	**18**
	25.	Dibothriocephalus latus L.,	7	0	1	**8**
	26.	Triaenophorus nodulosus Rud., ...	16	3	3	**22**
	27.	Cyathocephalus truncatus Pallas, . .	9	0	2	**11**
	28.	Ichthyotaenia ocellata Rud., ...	12	1	0	**13**
	29.	— torulosa Batsch, .	15	0	0	**15**
	30.	Tetrarhynchus erinaceus van Ben., (Larva).	1	19	1	**21**
	31.	Cysticercus fallax Olss.,	1	0	0	**1**

Lota vulgaris bietet somit einer grossen Zahl parasitischer Würmer Herberge; aus ihren verschiedenen Organen sind acht Nematoden, acht Acanthocephalen, sechs Trematoden und neun Cestoden bekannt geworden.

Die faunistische Zusammensetzung der Schmarotzerwelt des Fischs, der im süssen Wasser allein eine grosse Gruppe rein mariner Verwandter vertritt, verdient in einiger Hinsicht nähere Beachtung. Die Helminthenfauna besteht aus recht verschiedenen Elementen. Eine erste Gruppe bilden die parasitischen Würmer, welche bis heute einzig in *Lota* gefunden worden sind, die also einstweilen als typische Gäste der Trüsche betrachtet werden können. Ihre Zahl ist gering; ausser *Ascaris lotae* Linst. gehören hieher nur zwei Kratzer, *Echinorhynchus borealis* Linst. und eine nicht näher benannte Art derselben Gattung, sowie die Cestodenlarve *Cysticercus fallax.*

An Artenzahl tritt weit bedeutungsvoller das zweite Element hervor, Parasiten, die ganz oder fast ganz auf Wirte aus dem süssen Wasser beschränkt bleiben. Sie stempeln *Lota* auch parasitologisch zum reinen Süsswasserbewohner. Einige schmarotzen auch in Wanderfischen, nur wenige suchen in durchaus vereinzelten Fällen marine Wirte auf.

Als ausschliessliche Süsswassertiere müssen unter den Vertretern der zweiten Gruppe *Ascaris mucronata, Trichosoma brevispiculum, Diplostomum volvens, Diplozoon paradoxum* und *Ichthyotaenia torulosa* betrachtet werden; ebenso rein potamophilen Charakter besitzen aber auch die Würmer, welche ihren Wohnbezirk auf Wanderfische wie Lachs, Stint, Schnäpel, Aal ausgedehnt haben. Es sind dies *Cucullanus elegans, Agamonema bicolor, Echinorhynchus globulosus, E. clavaeceps, Distomum tereticolle, Gasterostomum fimbriatum,* *Cyathocephalus truncatus* und der breite Bandwurm, *Dibothriocephalus latus*, im Larvenzustand. Endlich zählen zur zweiten Abteilung zwei sehr charakteristische Schmarotzer zahlreicher Süsswasserfische, von denen jeder einmal in einem marinen Wirt angetroffen wurde: *Abothrium infundibuliforme* in *Motella mustela* und *Ichthyotaenia ocellata* in *Sebastes norvegicus*. Die zweite Kategorie von Schmarotzern aus *Lota* umfasst eine Grosszahl von Formen, die durch weite Verbreitung in zahlreichen Wirten und oft durch massenhaftes Auftreten die Parasitenfauna der Süsswasserfische geradezu charakterisieren. Es genüge in dieser Hinsicht folgende Namen zu nennen: *Cucullanus elegans*, *Echinorhynchus globulosus*, *E. clavaeceps*, *Distomum tereticolle*, *Gasterostomum fimbriatum*, *Diplozoon paradoxum*, *Diplostomum volvens*, *Ichthyotaenia torulosa*, *I. ocellata*, *Abothrium infundibuliforme* und *Cyathocephalus truncatus*.

Erwähnenswert ist auch die Thatsache, dass in der Trüsche die parasitischen Würmer der verschiedensten Familien von Süsswasserfischen zusammentreffen. Die Cypriniden senden in den Darmkanal von *Lota* ihre typischen Gäste *Echinorhynchus globulosus*, *E. clavaeceps* und *Ichthyotaenia torulosa*, auf die Kiemen *Diplozoon paradoxum*; die Salmoniden liefern *Cyathocephalus truncatus* und das für ihre Abteilung so charakteristische *Abothrium infundibuliforme*; dazu gesellt sich *Agamonema bicolor* aus den Barschen und *Distomum tereticolle* des Hechtes. Die Parasitenfauna von *Lota* umfasst so die wichtigsten Elemente der in Süsswasserfischen überhaupt lebenden Schmarotzerwelt.

Als dritter Bestandteil der in *Lota* parasitierenden Tiergesellschaft könnten Würmer betrachtet werden, die bei weiter Verbreitung in Wirten des Süsswassers gleichzeitig in mehreren Meerfischen zu Hause sind. Zu dieser

Kategorie wären zu rechnen: *Ascaris tenuissima*, *A. acus*, *Echinorhynchus angustatus*, *E. proteus*, *E. tuberosus* und *Triaenophorus nodulosus*. Alle genannten Formen machen faunistisch den Eindruck reiner Süsswassertiere, denen es gelungen ist, ihren Wirtskreis allmählich in mariner Richtung auszudehnen. Dabei spielten wohl die Wanderfische, in denen die fraglichen Parasiten ebenfalls nicht selten sind, eine vermittelnde Rolle. Eine Ausnahmestellung nimmt *Ascaris tenuissima* ein. Sie bewohnt einzig *Lota* und ihren marinen Verwandten *Merlangus vulgaris*. So dürfte es schwer sein zu entscheiden, ob die ursprüngliche Heimat des Nematoden im Meer oder Süsswasser liege.

Ascaris acus gehört dagegen zum typischen Parasitenbestand von Hecht und, als eingekapselte Larve, von zahlreichen Cypriniden; erst durch Lachs und Maifisch dürfte sie auf die marinen Wirte *Belone acus* und *Clupea harengus* übertragen worden sein. Ähnliches gilt wohl von dem in zahlreichen und verschiedenen Süsswasserfischen erwachsen und larvär schmarotzenden Bandwurm *Triaenophorus nodulosus*. Er bewohnt auch wandernde Salmoniden und verdankt ihnen den nur selten beobachteten Import in die Meerfische *Belone acus*, *Platessa flesus* und *Hippocampus guttatus*. Kaum anders liegen die Verhältnisse für die drei Acanthocephalen, *Echinorhynchus tuberosus*, *E. angustatus* und *E. proteus*. Besonders die beiden letztgenannten Arten geniessen in den allerverschiedensten, rein potamophilen Fischen eine so weite Verbreitung, dass sie geradezu als charakteristische Bestandteile der Süsswasserfauna angesehen werden müssen. Sie stellen sich aber auch in Wanderfischen ein und haben eine weitere Heimat in einer nicht unbeträchtlichen Zahl von systematisch recht verschieden gestellten Meerfischen gefunden. *Echi-*

norhynchus tuberosus bewohnt neben seinen regelmässigen Wirten — Cypriniden, Hecht, Trüsche, Barsch, Stichling — den Wanderer Aal und selten die marinen Fische *Belone acus* und *Rhombus maximus.*

Die Parasitenfauna von *Lota vulgaris* fügt sich nach allem, was bis jetzt auseinandergesetzt wurde, aus zahlreichen Süsswassertieren zusammen, von denen manche eine mehr oder weniger weitreichende Expansionsfähigkeit in der Richtung des Meeres besitzen.

Dazu gesellt sich indessen ein weiteres, fremdes Element: Schmarotzer von marinem Habitus. Sie kommen in anderen Süsswassertieren entweder gar nicht vor — *Distomum simplex*, *Abothrium rugosum*, *Tetrarhynchus ecrinaceus* — oder schmarotzen, ausser in *Lota*, nur noch in ganz wenigen potamophilen Fischen — *Ascaris capsularia*, *Apoblema appendiculatum*, *Echinorhynchus acus.* Alle diese dem Süsswasser so fremden Geschöpfe verbreiten sich dagegen sehr ausgiebig in marinen Wirten; sie sind somit wohl geeignet, der Parasitenfauna von *Lota vulgaris* ein durchaus eigenartiges Gepräge zu geben. Wichtig ist auch die Thatsache, dass mehrere der betreffenden marinen Schmarotzer in den zwischen Süsswasser und Meer faunistisch und biologisch vermittelnden Wanderfischen nicht, oder nur selten auftreten.

Über die Verbreitung der einzelnen Parasiten marinen Charakters von *Lota vulgaris* liegen folgende Daten vor. *Ascaris capsularia* lebt eingekapselt in den verschiedensten Meerfischen. Im Süsswasser parasitiert sie in Trüsche und Hecht, ausserdem ist der Parasit bekannt aus den Wanderfischen Stör, Lachs und Maifisch. Sehr wahrscheinlich werden indessen unter dem Namen *A. capsularia* die Larven verschiedener Nematoden zusammengefasst, so dass aus dem Vorkommen dieser offenbar aus mehreren Formen zusammengesetzten Art faunistische Schlüsse kaum gezogen werden können.

Echinorhynchus acus gehört, neben zahlreichsten marinen Wirten, drei Süsswasserbewohnern, Hecht, Wels und Trüsche, an. Er fehlt den Wanderfischen.

Distomum simplex parasitiert im süssen Wasser nur in *Lota;* im Meer bewohnt der Trematode eine grössere Zahl systematisch ziemlich weit auseinanderliegender Teleosteer; er wurde auch in *Anguilla vulgaris* gefunden. Von *Apoblema appendiculatum* bemerkt *Monticelli*, dass es häufig in sehr vielen und sehr verschiedenen Fischen lebe und von allen Angehörigen des alten Genus *Distomum* die weiteste zoologische Verbreitung besitze. Es werden für den Wurm etwa 60 marine Wirte aufgezählt; er besiedelt aber auch den Darm von acht Wanderfischen und ist vielleicht von ihnen aus in seine Wirte im süssen Wasser, Barsch, Trüsche, Forelle, Hecht, Stichling vorgedrungen. Unter allen Umständen erweist sich *A. appendiculatum* als sehr anpassungsfähig an Wirte heterogener Lebensweise und verschiedenen Wohnorts, wenn auch manche Angaben über sein Vorkommen der Nachprüfung bedürfen. *Abothrium rugosum* ist der typische Parasit der marinen Gadiden; er findet sich kaum in Fischen anderer Familien. So kann seine Gegenwart im Stockfisch des süssen Wassers, *Lota vulgaris,* kaum überraschen. Vereinzelt kommt *Abothrium* in *Salmo salar* vor.

Das auffallendste, faunistische Faktum indessen bildet das Vorkommen von *Tetrarhynchus erinaceus* im Süsswasser. Damit erhält eine grosse und relativ hoch spezialisierte Cestodengruppe, die *Trypanorhyncha*, die sonst durchaus auf marine Fische beschränkt bleibt, eine potamophile Vertretung. *Tetrarhynchus erinaceus* Van Ben. speziell findet sich als Larve in fünf oder sechs Teleosteern, die ausgewachsene Strobila lebt hauptsächlich im Darm verschiedener Rochen. Wenn nach Vaullegeards Annahme *Rhynchobothrium imparispine* Linton mit *Tetrarhynchus erinaceus* Van Ben. identisch ist, wächst die Zahl der für den Parasiten bekannten Wirte und Zwischenwirte bedeutend an. Der *Tetrarhynchus* findet sich dann in etwa zwanzig marinen Knochenfischen, die sich auf sehr verschiedene systematische Gruppen verteilen. Als Hauptwirte figurieren, neben den Angehörigen der Gattung *Raja, Tetronarce occidentalis*, *Myliobatis freminvillei*, *Scymnus lichia*, *Hexanchus griseus* und *Heptanchus cinereus*. Von besonderer Bedeutung ist es, dass *Linton* *Rhynchobothrium imparispine* (= *Tetrarhynchus erinaceus* Van Bened.), begleitet von mehreren anderen Vertretern der Trypanorhynchen, eingekapselt im Aal nachweisen konnte. Durch den Wanderfisch kann also auch in diesem Fall der marine Parasit in das süsse Wasser verschleppt werden.

Über das Vorkommen eingekapselter Tetrarhynchen in der Trüsche besitzen wir eine Notiz P. J. Van Benedens. Er zählt unter fünfzehn marinen Teleosteern, „qui nous ont montré des Tétrarhynques en voie de développement entourés de leur gaîne“ ausdrücklich auch die potamophile *Lota vulgaris* auf (54). Später bezieht er sich auf das gegebene Verzeichnis mit den Worten: „J'ai dit plus haut, pag. 81, en parlant du développement des Tétrarhynques, quels sont les poissons sur lesquels ces vers se trouvent le plus communément.“ Wo Van Benedens *Tetrarhynchus* aus *Lota* systematisch unterzubringen ist und besonders ob er mit *T. erinaceus* zusammenfällt, lässt sich leider nicht entscheiden. Die durch Van Beneden auf ihre Parasiten untersuchten Exemplare von *Lota* stammten höchst wahrscheinlich aus dem Meer naheliegendem, mit demselben in offener Verbindung stehendem Süsswasser des belgischen Küstengebiets. Gelegentliche Einfuhr mariner Schmarotzer, durch Wanderfische z. B. in jene süssen Gewässer scheint nicht ausgeschlossen.

Viel verwickelter liegen die hydrographischen und damit die faunistischen und biologischen Verhältnisse im zweiten Fall, in welchem *Lota* als Zwischenwirt von Rhynchobothrien erkannt wurde. Das Exemplar der Trüsche, das auf der Aussenfläche des Magens Tetrarhynchencysten trug, wurde im Januar 1884 im Genfersee gefangen (57). Es stammt somit aus einem Wasserbecken, das seit sehr langer Zeit durch die Stromschnellen im Engpass der Perte du Rhône vom Meer vollkommen faunistisch abgeschlossen ist. An marinen Tierimport in den Genfersee durch die Rhone kann in der Jetztzeit oder in historischer Vergangenheit nicht gedacht werden. Derselbe datiert in entlegene geologische Epochen zurück. Besonders verhindert die Perte du Rhône Fisch- und damit auch Parasitenwanderungen vom Mittelmeer in den Léman.

Dem entspricht denn auch die Zusammensetzung der Schmarotzerfauna der Genferseefische. Über dieselbe konnte ich früher, im Gegensatz zu entsprechenden Verhältnissen im grossen, nach dem Meer offen stehenden Rheinstrom, mitteilen, dass ihr, mit Ausnahme des sehr seltenen *Tetrarhynchus* aus *Lota*, ganz marine Elemente vollkommen fehlen. Sie stellt in jeder Beziehung eine reine und durchaus typische Tierwelt des Süsswassers dar (62). Für *Lota vulgaris* des Genfersees speziell gilt folgende Liste schmarotzender Würmer:

Ascaris capsularia,
A. acus,
A. tenuissima,
Cucullanus elegans,

Echinorhynchus angustatus,
E. proteus,
Distomum tereticolle,
Diplozoon paradoxum,
Ichthyotaenia ocellata,
I. torulosa,
Cyathocephalus truncatus,
Abothrium infundibuliforme.

Abgesehen von der systematisch durchaus unsicheren *Ascaris capsularia*, der daher bei unserer Betrachtung ein Wert nicht zuzuschreiben ist, umschliesst die Liste keine der von uns als marine Elemente gekennzeichneten Schmarotzer. Sie setzt sich, vielleicht mit Ausnahme der nur aus zwei Wirten bekannten *Ascaris tenuissima*, aus typischen, weitverbreiteten und oft massenhaft auftretenden Gästen von Süsswasserfischen zusammen.

Mitten in dieser ganz potamophilen Tierwelt taucht der rein marine *Tetrarhynchus erinaceus* auf, der als Larve zahlreiche Meerteleosteer, als geschlechtsreife Kette Haifische und Rochen bewohnt. Allerdings scheint sein Auftreten in *Lota* zu den grossen Seltenheiten zu gehören. Dem ersten bekannten Fall hat sich bis heute kein zweiter angereiht.

Tetrarhynchus erinaceus könnte in *Lota* als altes, marines Relikt gedeutet werden, aus der Zeit stammend, da der Fisch von den verwandten marinen Gadiden sich löste und sich an die neue Süsswasserheimat anpasste. Auf diesem Wege hätten *Lota vulgaris* auch die Meerparasiten begleitet und die Anpassung an das neue Medium erfolgreich mitgemacht. Der *Tetrarhynchus* des Genfersees würde so auf alte marine Beziehungen von Wirt und Gast hinweisen.

Lönnberg äussert eine ähnliche Vermutung in Bezug auf das Vorkommen von *Abothrium rugosum* in *Lota* aus skandinavischen Süsswasserseen. Die Spezies schmarotzt sonst nur in marinen *Gadus*-Arten, vielleicht, so bemerkt der schwedische Zoologe, lässt ihr Auftreten in *Lota* den Schluss zu, dass sie bereits spezifisch differenziert war, bevor die Gattungen *Lota* und *Gadus* sich trennten (22).

An die Thatsache vom Vorkommen des *Tetrarhynchus erinaceus* im Süsswasser und speziell im Genfersee, in den der Parasit nur vor langer Zeit eingeführt werden konnte, knüpft sich naturgemäss die Frage, in welchem Raubfisch die Bandwurmlarve zur geschlechtsreifen Strobila auswachse. In dieser Richtung bewegen wir uns auf dem Gebiet blosser Vermutungen. Reife Rhynchobothrien sind bis heute in keinem Süsswasserfisch entdeckt worden. Sie müssen aber in potamophilen Wirten leben, wenn anders die Spezies sich während langer Zeit in einem vom Meer vollkommen abgetrennten Becken, wie dem Leman, halten soll. Am ehesten dürfte der zu *Tetrarhynchus erinaceus* gehörende Kettenwurm in Hecht oder Forelle zu Hause sein.

Die Einstreuung mariner Elemente in die Parasitenfauna von *Lota vulgaris* erklärt sich auf verschiedenem Wege. Zunächst mögen Wanderfische auch hier den Import von Meerparasiten in das süsse Wasser besorgen. Von den eingeführten Schmarotzern wird der eine oder andere im Strom oder See passende Zwischenwirte und Wirte finden und so neues Bürgerrecht erwerben. Auf diese Weise mag *Apoblema appendiculatum* seine sekundäre Heimat im Süsswasser erreicht haben. Das Tier und seine Verwandten schmarotzen erwachsen in zahlreichsten Meerfischen; es bewohnt aber auch nicht weniger als acht regelmässig zwischen Meer und Süsswasser hin- und herziehende Wanderer. Als seine Zwischenwirte giebt Pratt, neben anderen marinen, pelagischen Organismen, hauptsächlich Copepoden an, die im Meer und Süsswasser reichlich zur Verfügung stehen (35). So mag *Apoblema* von breiter mariner Basis ausgehend, sich allmählich in einer beschränkten Zahl von potamophilen Fischen eingebürgert haben.

Unter den Wirten von *Distomum simplex* und *Tetrarhynchus erinaceus* figuriert der Aal, unter denjenigen von *Abothrium rugosum* der Lachs; Maifisch, Lachs und Stör beherbergen *Ascaris capsularia.* Die genannten Wanderfische könnten etwa für die Verschleppung der betreffenden, sonst rein marinen Parasiten in das süsse Wasser verantwortlich gemacht werden.

Für den Import gewisser Elemente in die Parasitenfauna der Trüsche vom Meer her spricht auch deutlich die Thatsache, dass die marinen Schmarotzer von *Lota* in dem Masse seltener werden, als die Entfernung vom Meeresufer wächst. Würmer von marinem Charakter fehlen den Trüschen des Genfersees, mit Ausnahme jenes eigentümlichen, näher besprochenen Falls des Vorkommens von *Tetrarhynchus erinaceus.* Srámek (40) fand keine Meerparasiten in *Lota* aus der Elbe in Böhmen; ich vermisste dieselben in demselben Fisch aus dem Rhein bei Basel. Dagegen verzeichnet Van Beneden *Tetrarhynchus* in *Lota* aus Gewässern nahe der belgischen Küste; die Beobachtung, dass *Echinorhynchus acus* in demselben Wirt vorkomme, machte Lönnberg (24) an der Küste Skandinaviens; *Abothrium rugosum* und *Apoblema appendiculatum* wurden von älteren und neueren Autoren in *Lota* aus süssen Gewässern längs der Ufer der Ostsee entdeckt. Für das Vorkommen von *Distomum simplex* in der Trüsche gilt ähnliches.

Alles zeigt deutlich, dass eine Infektion von *Lota* mit marinen Parasiten von der Meeresküste ausgeht und landeinwärts an Intensität progressiv abnimmt. Das deckt sich, wie früher nachgewiesen wurde, mit dem Verhalten der marinen Schmarotzer in dem im Rhein aufsteigenden Lachs. Sie werden, soweit sie wenigstens den Darm des Wirts bewohnen, in dem Masse seltener, als der Wanderer sich vom Meer entfernt (60).

Die Verschleppung durch Wirte und Zwischenwirte in der Jetztzeit genügt indessen nicht, um die Gegenwart von Meerfischschmarotzern in *Lota* zu erklären. Das hat bereits das Vorkommen von *Tetrarhynchus erinaceus* in einem vom Meer längst abgeschnittenen Becken, wie dem Genfersee gezeigt. Ein anderer mariner Gast der Trüsche, *Echinorhynchus acus*, kommt in Wanderfischen überhaupt nicht vor, *Abothrium rugosum* und *Distomum simplex* sind in denselben sehr selten.

Es ergiebt sich daraus die Notwendigkeit, für die ebengenannten Parasitenarten den Import in das süsse Wasser in weiter zurückliegenden Zeitabschnitten zu suchen. Für eine solche prähistorische Einfuhr öffnen sich zwei verschiedene Wege. Der Übergang in das neue Medium kann auch damals durch zwischen Meer und Süsswasser wandernde Wirte und Zwischenwirte vermittelt worden sein; oder aber es kann *Lota*, die aus dem marinen Stamm der Gadiden hervorgieng, bei ihrer allmählichen Anpassung an das süsse Wasser eine Reihe von Meerparasiten mitgebracht haben, von denen sich einige als anpassungsfähig an die neuen umgebenden Verhältnisse erwiesen. Für diese Auffassung der Herkunft der marinen Elemente in der Parasitenbevölkerung von *Lota* spricht die Thatsache, dass die betreffenden Würmer in weitester Ausdehnung die Gadiden des Meers bewohnen, im süssen Wasser dagegen sich fast ausschliesslich auf *Lota vulgaris* beschränken. Darüber mag die folgende Zusammenstellung dienen:

	Zahl der marinen Wirte	Davon Gadiden	Im Süsswasser
1. Ascaris capsularia .	55	16	In *Lota* und selten in *Esox*.
2. Echinorhynchus acus .	37	15	In *Lota*, *Esox*, vielleicht *Silurus*.
3. Apoblema appendiculatum	60	20	*Lota*, *Perca*, *Trutta*, *Esox*, *Gasterosteus*.
4. Distomum simplex . .	10	5	Nur in *Lota*.
5. Abothrium rugosum .	11	11	Nur in *Lota*.
6. Tetrarhynchus erinaceus	19	7	Nur in *Lota*.

Die marinen Schmarotzer von *Lota vulgaris* erweisen sich so als weitverbreitete und, wie beigefügt werden mag, sehr häufige und typische Gäste der nächstverwandten Meerfische, der Gadiden. *Abothrium rugosum* beschränkt seinen Parasitismus auf die Stockfische. Die übrigen bewohnen noch andere Wirte, vorzugsweise die den Gadiden nahestehenden Pleuronectiden.

Im Süsswasser verlassen die in Frage stehenden Würmer *Lota vulgaris* nicht, oder nur selten. Sie bleiben an den Wirt gebunden der ihren marinen Gastgebern anatomisch und physiologisch am nächsten steht. Eigenschaften des Wirts und nicht nur der Aussenwelt bedingen somit auch hier die Verbreitung des Schmarotzers. Einzig *Apoblema appendiculatum*, das wir schon im Meer als anpassungsfähig an verschiedenste Fische kennen lernten, dehnt auch im Süsswasser den Kreis seiner Wirte etwas aus.

Alles aber lässt den Eindruck erwachen, dass *Lota vulgaris* beim Übergang vom Meer in Strom und See einen typischen Teil der Parasitenbevölkerung der marinen Stockfische mitgeschleppt habe. Der Süsswasserfisch beherbergt heute noch Schmarotzer, die als marine Relikte für seine frühere Heimat und seine Geschichte zeugen.

Lota vulgaris besitzt somit eine Parasitenbevölkerung, die zum grössten Teil aus reinen Süsswasserformen besteht. Von ihnen haben manche die Reise nach dem Meer angetreten, um dort in neuen Wirten eine mehr oder weniger ausgedehnte, sekundäre Heimat zu finden. Bei diesem Vordringen spielten wohl hauptsächlich Wanderfische die Rolle der Zwischenträger vom Fluss zum Meer. Daneben beherbergt aber *Lota* auch marine Schmarotzer, die sie entweder selbst aus dem Meer mitgebracht hat, oder die ihr von dort früher oder später zugeführt worden sind. Auch in diese Strömung vom Meer zum Fluss dürfte die Wanderung der Fische vermittelnd eingegriffen haben. Heute würde sich also die Helminthenfauna von *Lota* aus zwei Gruppen von Bestandteilen, primären und sekundären zusammensetzen. Die primären brachte der Fisch selbst mit aus dem Meer; es sind die Schmarotzer seiner marinen Stammesverwandten, der Gadiden.

Die sekundären Parasiten erwarb *Lota* später in Fluss und See; es sind die typischen Gäste der verschiedensten reinen Süsswasserfische und vielleicht auch Schmarotzer von mehr marinem Gepräge, die durch Wanderfische in jüngerer oder älterer Zeit in das Süsswasser importiert wurden.

Unter allen Umständen aber spiegelt die Zusammensetzung der Parasitenfauna von *Lota vulgaris* die äusseren Bedingungen des bewohnten Mediums, die Lebensweise und die Geschichte des Wirts wieder.

Viel einfacher als für *Lota* liegen die parasitologischen Verhältnisse für *Silurus glanis.* Die Schmarotzerliste des Wels umfasst fünfzehn Würmer. Ausserdem zählt Volz (8) nicht näher bestimmte Nematoden und Echinorhynchen aus demselben Wirt auf. v. Rátz (37) fand einen *Silurus* aus dem Balaton mit dem Blutegel *Ichthyobdella fasciata* Dies. besetzt.

Parasitische Würmer von Silurus glanis.

Name.			Zahl der Wirte.			
			Süsswasser-Fische.	Meer-Fische.	Wander-Fische.	Total.
Nematodes.	**1.**	Ascaris glanidis Linst.,	1	0	0	**1**
	2.	— siluri Gmel.,	1	0	0	**1**
	3.	— siluri glanidis Linst.,	1	0	0	**1**
	4.	Cucullanus elegans Zed.,	13	0	5	**18**
	5.	Spiroptera bicolor Linst.,	3	0	0	**3**
	6.	Nematoideum siluri glanidis Rud.,	1	0	0	**1**
Acanthocephala.	**7.**	Echinorhynchus globulosus Rud.,	24	0	1	**25**
	8.	— angustatus Rud.,	20	8	2	**30**
	9.	— proteus Westrumb,	37	19	8	**64**
	10.	— acus Rud,	3	37	0	**40**
Trematodes.	**11.**	Distomum torulosum Rud.,	1	0	0	**1**
	12.	Dactylogyrus siluri glanidis Wag.,	1	0	0	**1**
Cestodes.	**13.**	Ichthyotaenia osculata Goeze,	1	0	0	**1**
	14.	Ligula digramma Crepl.,	24	1	1	**26**
	15.	Tetrarhynchus spec.,	1	0	0	**1**

Von den fünfzehn Parasiten kommen nicht weniger als acht einzig im Wels vor; sie machen für den Fisch gewissermassen eine speciell nur ihm angepasste kleine Fauna aus. Das allgemeine Gepräge derselben ist rein potamophil, wird sie doch vor allem charakterisiert durch die für Süsswasserfische geradezu typischen Genera *Dactylogyrus* und *Ichthyotaenia* und durch die in denselben Wirten weitverbreitete Gattung *Ascaris*. Zu der ersten Gruppe von Welsparasiten zählen: *Ascaris glanidis, A. siluri, A. siluris glanidis, Nematoideum siluri glanidis, Distomum torulosum, Dactylogyrus siluri glanidis, Ichthyotaeonia osculata* und endlich als ganz fremdes, später zu besprechendes Element *Tetrarhynchus* spec.

Dazu gesellen sich eine Reihe überaus typischer Schmarotzer von Süsswasserfischen. Es sind *Spiroptera bicolor*, *Cucullanus elegans, Echinorhynchus globulosus* und *Ligula digramma*. Von ihnen ist nur die letztgenannte Form vereinzelt in einem marinen Wirt, *Clupea harengus*, angetroffen worden.

Aber auch zwei weitere Parasiten von *Silurus*, *Echinorhynchus proteus* und *E. angustatus,* haben wir bereits als Charaktertiere des Süsswassers kennen gelernt, wenn sie auch in der Wahl von Wirt und Zwischenwirt wenig beschränkt, sekundär in Wander- und Meerfische übergehen.

Von den genannten Süsswasserfisch-Schmarotzern leben *Ligula digramma* und *Echinorhynchus globulosus* vorwiegend in Cypriniden; *Filaria bicolor* scheint Wels und Hecht zu charakterisieren, die übrigen drei verteilen sich auf die verschiedensten potamophilen Fischgruppen. Mit *Lota vulgaris* besitzt *Silurus glanis* gemeinsam *Cucullanus elegans* und die drei bereits genannten Echinorhynchen. Vielleicht muss zum gemeinsamen Besitz auch *Echinorhynchus acus* gerechnet werden.

So trägt die Parasitenwelt von *Silurus glanis* sehr deutlich potamophilen Charakter. Es entspricht das durchaus dem Vorkommen und der Lebensweise ihres

Trägers, welcher der typische Bewohner stehender oder langsam fliessender, seichter Süsswässer ist.

Das einfache Bild dieser Schmarotzerfauna wird indessen gestört durch das Auftreten von zwei fremden, marinen Zuthaten, *Echinorhynchus acus* und *Tetrarhynchus* spec.

Echinorhynchus acus, den Parasiten zahlreicher Meerfische, führt Mühling (29) in seiner ostpreussischen Helminthenfauna pag. 86 aus *Silurus glanis* an. Der genannte Autor erwähnt indessen den Fund in derselben Abhandlung weder bei der Zusammenstellung aller bis jetzt in den Wirbeltieren Ostpreussens gefundenen Helminthen, noch in der statistischen Tabelle über das zeitliche Vorkommen der ostpreussichen Parasiten (29 p. 54, 78). So liegt die Vermutung nahe, dass das Citat auf Seite 86 unrichtig sei. Sollte indessen *E. acus* wirklich die Welse Ostpreussens bewohnen, so würde die Nähe des Meeres den Übergang des Schmarotzers in einen Süsswasserfisch hier ebenso erleichtern und erklären, wie in Skandinavien, wo der Acanthocephale nach Lönnberg in *Lota vulgaris* parasitiert.

Sichergestellt und sehr auffallend ist die Thatsache, dass mitten im rein potamophilen Helminthenbestand des Wels eine im höchsten Grade marine Cestodenlarve, ein *Tetrarhynchus*, Platz findet. Merkwürdiger wird der Fund noch dadurch, dass der Träger des Parasiten, ein *Silurus* von beträchtlicher Grösse, dem Bielersee entstammt. Das Wasserbecken liegt im Herzen von Centraleuropa, fern vom Meer, mit dem es durch das Flusssystem der Aare und den langgezogenen Stromlauf des Rheins in nur indirekter und schwer passierbarer Verbindung steht. An einen Import mariner Parasiten in den Bielersee durch Wanderfische lässt sich kaum denken. Ebenso pflegen die Welse aus dem

See nicht durch die Aare thalabwärts zu ziehen. So weist das Vorkommen von Tetrarhynchen in stationären Fischen des Genfer- und Bielersees eine gewisse durch hydrographische Verhältnisse bedingte faunistische und biologische Analogie auf. Ein Fall bestätigt gewissermassen den anderen.

Wie im Leman gehört auch im Bielersee *Tetrarhynchus* zu den seltensten Erscheinungen. Im Peritoneum des Wels, aussen an die Darmwand angeklebt, wurde ein einziges Exemplar des Parasiten gefunden. Wieder bleibt die Frage offen, in welchem Raubfisch des Süsswassers etwa die Cestodenlarve aus *Silurus* zur geschlechtsreifen Kette auswachsen könnte.

Besonders unaufgeklärt aber erscheint die Herkunft des Welsparasiten, da der Import von Meerhelminthen in den Bielersee wenn nicht unmöglich, so doch sehr schwierig ist, und da, im Gegensatz zu *Lota*, *Silurus* keine näheren marinen Verwandten besitzt, die ihm als Erbteil und Zeichen früherer Zusammengehörigkeit Parasiten überlassen konnten. Vielleicht ermöglichten hydrographische Verhältnisse vergangener Zeiten die Einfuhr von Schmarotzern marinen Charakters in die Seen am Südrand des Neuenburger Juras.

Die Tetrarhynchen von *Lota* und *Silurus* nehmen eine getrennte Stellung im System ein. Den Parasiten aus *Lota* konnte ich durch erneute eingehende Prüfung mit *Tetrarhynchus erinaceus* Van Ben. identifizieren; der früher ausgeteilte, provisorische Name *T. lotae* fällt somit dahin. Dass sich der marine *Tetrarhynchus erinaceus* im Genfersee, einem mit dem Meer seit sehr langer Zeit nicht mehr in Verbindung stehenden Becken unverändert erhalten konnte, spricht deutlich für die grosse Stabilität der Species.

Tetrarhynchus erinaceus ist wiederholt und zuletzt noch von Vaullegeard ausführlich geschildert worden, so dass eine neue Beschreibung als unnötig erscheint (56). Immerhin bedürfen meine älteren Angaben und die frühere (57) Abbildung des Parasiten aus *Lota* der Ergänzung und Verbesserung. Auf *T. erinaceus* beziehen sich die Figuren 1—3.

Der in Fig. 1. dargestellte *Tetrarhynchus* lag eingekapselt an der Aussenfläche des Magens einer *Lota vulgaris*. Seine Länge beträgt fünf, seine grösste Breite etwa 2 mm. Der Wurm befindet sich in sogenanntem „*Anthocephalus*zustand“ d. h. sein Kopf und Kopfstiel sind in die Schwanzblase zurückgezogen. Letztere besitzt etwa birnförmige Gestalt; an ihrem verschmälerten Ende liegt die Einstülpungsöffnung, welche in den vom Scolex eingenommenen Hohlraum führt.

Der Scolex selbst rollt sich spiralig auf. Er trägt vier längliche, je zu zweien enger verbundene Bothridien. Typisch ist die Bewaffnung der vier Rüssel mit zweierlei Haken; sie wurde in der ersten Beschreibung unvollständig geschildert. Verteilung, Form und Grösse der beiden Hakenarten stellt Vaullegeard durchaus richtig dar. Über die Gestalt der hohlen Haken mögen auch noch die Figuren 2 und 3 unterrichten.

Im cylindrischen, ziemlich gestreckten Hals liegen die vielfach geschlängelten Rüsselscheiden, weiter zurück die früher beschriebenen, kräftigen Rüsselbulbi.

Wesentlich anders gestaltet sich das Bild des *Tetrarhynchus* aus *Silurus glanis*. Der Parasit lässt sich mit keiner bekannten Art vereinigen. Er stammt aus einem grossen, im Bielersee gefangenen Wels, der ausserdem im Magen zahlreiche Exemplare von *Filaria bicolor* beherbergte. Ein zweiter, riesiger *Silurus* aus demselben See erwies sich als parasitenfrei.

Der Wurm lag im Peritoneum, aussen an die Darmwand angeschmiegt; er befand sich, wie dies Fig. 4. darstellt, in ausgestülptem „*Tetrarhynchus*zustand“, so dass Kopf, Hals und Schwanz in der Längsrichtung aufeinander folgen. Der vom Hals scharf abgesetzte Scolex trägt nur zwei mächtige Bothridien von bedeutender Breite. Ihre Seitenränder bleiben frei, der ebenfalls freie Hinterrand kerbt sich seicht ein. So erhält jedes Bothridium einen hohen Grad von Selbständigkeit. Nach vorn convergieren die beiden Haftorgane, so dass ihre Vorderränder an der Spitze des Scolex auf eine kurze Strecke verwachsen. Die Länge der Bothridien übertrifft ihre Breite nur unbeträchtlich.

Etwas hinter der Scolexspitze münden die vier langen und schlanken Rüssel, von denen je zwei einem Bothridium entsprechen, aus. In Fig. 4 sind dieselben in ihre vielfach geschlungenen und geknäuelten Scheiden, die bis gegen die Mitte des Halses reichen, zurückgezogen. Die Rüsselbewaffnung besteht aus relativ wenig zahlreichen, aber kräftigen, stark gebogenen, hohlen Haken. Alle Haken sind von derselben Gestalt und Grösse (siehe Fig. 5).

Der nach hinten allmählich breiter werdende Hals übertrifft den Scolex etwas an Länge. Er beherbergt in seinem hinteren Abschnitt die vier langgezogenen, walzenförmigen, dicht aneinander geschmiegten Rüsselbulbi. An beiden Enden spitzen sich diese muskulösen Hohlschläuche etwas zu; in ihrem Innenraum verläuft je schräg von hinten nach vorn und von innen nach aussen der Rüsselretractor.

Vom Hals setzt sich recht deutlich der Schwanz als langeiförmig ausgezogene Blase ab. Ihre Länge übertrifft die eigene Breite und die Halslänge um das doppelte. Am Hinterende des Schwanzes öffnet sich ein

Foramen caudale, das einer kanalartig gestreckten Excretionsblase als Ausgangsporus dient.

Besonders bezeichnend aber ist die Thatsache, dass die centrale Region der Schwanzblase von zahlreichen, gewundenen, da und dort plump verzweigten Drüsenschläuchen eingenommen wird. Sie verlaufen im ganzen von hinten nach vorn; gleichzeitig nimmt ihre Zahl nach vorne gehend stetig zu, so dass besonders die vorderen Abschnitte des Schwanzes von einem dichten Drüsenkomplex erfüllt erscheinen. Die hinteren, freien Schlauchenden sind oft aufgetrieben; die Schläuche besitzen eine strukturlose, deutliche Begrenzung und einen fein granulierten Inhalt.

Am Hinterende der Rüsselkolben, d. h. etwa an der Grenze von Hals und Schwanz angelangt, gehen die Drüsenschläuche in langgezogene, äusserst feine Ausführgänge über. Dieselben schliessen sich convergierend rechts und links von den Bulbi je zu einem dichtgedrängten Bündel oder Strang zusammen, dessen Verlauf sich durch den ganzen Hals bis in den hinteren Teil des Scolex längs und ausserhalb der Rüsselbulbi und Scheiden verfolgen lässt. Im hinteren Scolexabschnitt scheinen sich die Drüsengänge in das Lumen der Rüsselscheiden zu öffnen.

Das einzige zur Verfügung stehende Präparat des *Tetrarhynchus* aus dem Wels gestattete eine nähere Untersuchung des Drüsenapparats nicht. Es wäre besonders die Frage aufzuwerfen, in welchen morphologischen Beziehungen der Drüsencomplex zu den Rhynchodaealdrüsen stehe, die Pintner für einen Vertreter der *Tetrarhynchus attenuatus*-Gruppe eingehend beschrieb (33).

Fig. 1

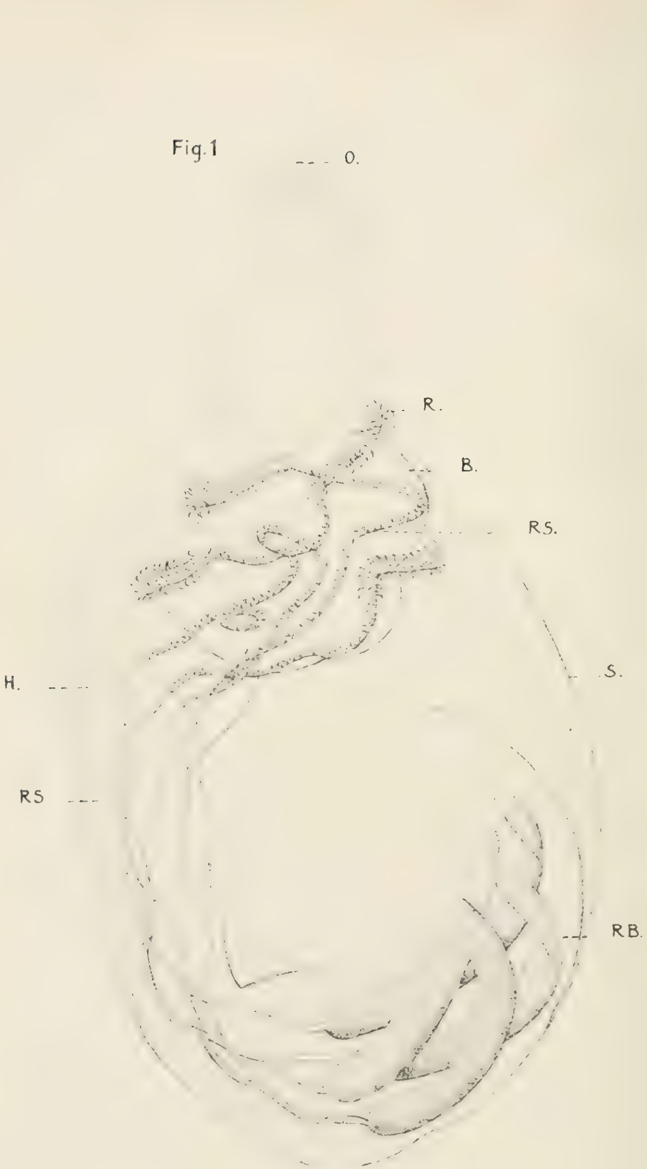

O.
R.
B.
RS.
S.
H.
RS
RB.

Fig. 2.

Fig. 4.

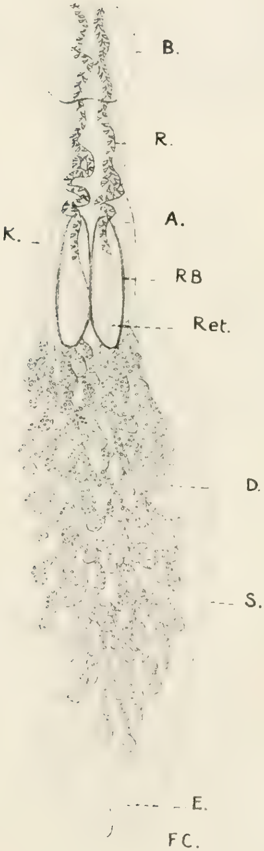

B.
R.
A.
K.
RB
Ret.
D.
S.
E.
FC.

Fig. 3

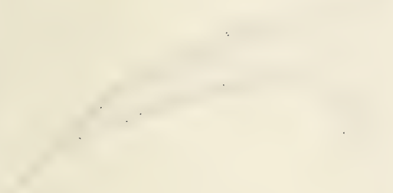


Fig 5.

Figurenerklärung zu Tafel I.

Fig. 1. Tetrarhnychus erinaceus von Ben. aus **Lota vulgaris**. Der Scolex in den verdickten Schwanz zurückgezogen. O. Einstülpungsöffnung. R. Rüssel. B. Bothridien. R. S. Rüsselscheiden, in die die Rüssel zum Teil eingestülpt sind. H. Hals. S. Schwanz. R. B. Rüsselbulbi.

Fig. 2. und Fig. 3. Die beiden Hakenformen von **Tetrarhynchus erinaceus** von Ben. Die Haken sind hohl. Fig. 2. grössere, gebogene, Fig. 3. kleinere, schlanke, gestreckte Haken.

Fig. 4. Tetrarhynchus spec. aus **Silurus glanis**. Scolex vollständig ausgestülpt, die Rüssel, R., in ihre Scheiden zurückgezogen. B. Bothridien. R. B. Rüsselbulbi. Ret. Retractor der Rüssel. D. Drüsen. S. Schwanz. E. Excretionsblase. F.C. Foramen caudale. K. Kopfstiel (Hals). A. Ausführgänge der Drüsen.

Fig. 5. Hohler Haken von **Tetrarhynchus** spec. aus **Silurus glanis.**

Litteratur.

1. **Ariola, V.**, Revisione della famiglia **Bothriocephalidae** s. st. Archives de Parasitologie. Vol. 3, 1900.
2. **Braun, M.**, Verzeichniss von Eingeweidewürmern aus Mecklenburg. Arch. d. Fr. d. Naturg. i. Mecklenbg., Jahrg. 1891.
3. — **Vermes**, Abtlg. I b. **Cestodes**, in: Bronn, H. G., Klassen und Ordnungen des Thierreichs, Bd. 4.
4. **Diesing, C. M.**, Systema Helminthum. Vindobonae 1850/51.
5. **Fritsch, A.**, Der Elbelachs, eine biologisch-anatomische Studie. Prag 1894.
6. **Fuhrmann, O.**, Die Anoplocephaliden der Vögel. Centralbl. Bakteriol. Parasitkde, Abtlg. I, Bd. 32, 1902.
7. **Hausmann, L.**, Über Trematoden der Süsswasserfische. Revue suisse de Zoologie, Bd. 5, 1897.
8. **Jaquet, M.**, Faune de la Roumanie. Helminthes trouvés par Mr. Jaquet et déterminés par Mr. Walter Volz. Bull. soc. sciences Bucarest. An. 8, 1899.
9. **Kraemer, A.**, Beiträge zur Anatomie und Histologie der Cestoden der Süsswasserfische. Zeitschr. wiss. Zool. Bd. 53, 1892.
10. **Largaiolli, V.**, I parassiti esterni ed interni di alcune specie di pesci viventi nel Benaco. Ann. degli Alpin. Trid. 1898.
11. **Linstow, O. v.**, Compendium der Helminthologie. Hannover 1878.
12. — — Compendium der Helminthologie. Nachtrag. Die Litteratur der Jahre 1878—1889.
13. — — Nemathelminthen. Hamburger Magalhaensische Sammelreise, 1896.
14. — — Nematoden aus der Berliner zoologischen Sammlung. Mittlg. a. d. Zool. Sammlg. Mus. f. Naturkunde Berlin, Bd. 1, 1899.
15. — — **Entozoa** des Zoologischen Museums der K. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg. Bull. Acad. Imp. sc. St. Pétersbourg. Série V. Vol. 15, 1901.
16. **Linton, E.**, Notes on **Entozoa** of marine fishes of New England. Part II. Annual Report ot the Commissioner of fish and fisheries for 1887.
17. — — Notes on **Entozoa** of marine fishes with descriptions of new species. Part III. Report of the U. S. Commissioner of fish and fisheries for 1888.
18. — — Notes on Cestode parasites of fishes. Proceedings of U. S. National Museum. Vol. 20, 1897.

19. **Linton, E.**, Notes on Trematodes parasites of fishes. Proceedings of U. S. National Museum. Vol. 20, 1898.

20. — — Parasites of fishes of the Woods Hole region. U. S. Fish Commission Bulletin for 1899.

21. **Lönnberg, E.**, Bidrag till kännedomen om i Sverige förekommande Cestoder. Svenska Vet. Akad. Handlingar. Bd. 14, 1889.

22. — — Anatomische Studien über skandinavische Cestoden. Kgl. Svenska Vetenskaps. Akademiens Handlingar. Bd. 24, 1891.

23. — — Mitteilungen über einige Helminthen aus dem Zoologischen Museum der Universität zu Kristiania. Verhandlg. biolog. Ver. Stockholm. 1891.

24. — — Helminthologische Beobachtungen von der Westküste Norwegens. Svenska Vet. Akad. Handling. Bd. 16. 1890.

25. **Matz, F.**, Beiträge zur Kenntniss der Bothriocephalen. Archiv f. Naturg., Bd. I, 1892.

26. **Monticelli, F. S.**, Elenco degli Elminti raccolti dal Capitano G. Chierchia durante il viaggio di circumnavigazione della R. corvetta „Vetter Pisani“. Boll. Soc. Natural. Napoli, anno 3, 1889.

27. — — Elenco degli Elminti studiati à Wiméreux nella primavera di 1889. Bull. scient. France et Belgique. T. 22, 1890.

28. — — Osservazioni intorno ad alcune forme del genere **Apoblema** Duj. Atti R. Accad. Sc. Torino, Vol. 26. 1891.

29. **Mühling, P.**, Die Helminthenfauna der Wirbeltiere Ostpreussens. Archiv f. Naturg., Jahrg. 1898, Bd. I.

30. **Parona, C.**, Helminthum ex Conradi Paronae Museo Catologus. Genuae 1896/98.

31. — — Catologo di Elminti raccolti in Vertebrati dell' isola d'Elba. Boll. Mus. Zool. Anat. Comp. R. Univ. Genova, No. 113, 1902.

32. **Piesbergen, F.**, Die Ekto- und Entoparasiten, von welchen die in der Umgegend von Tübingen lebenden Fische bewohnt werden. Jahreshfte. Ver. f. vaterld. Naturkde. Württemberg. Jahrg. XXII, 1886.

33. **Pintner, Th.**, Studien an Tetrarhynchen nebst Beobachtungen an anderen Bandwürmern. Mittheilung I u. II. Sitzgsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Klasse, Bd. 102 u. 105, 1893 u. 1896.

34. — — Die Rhynchodaealdrüsen der Tetrarhynchen. Arbeiten d. Zoolog. Institute, Wien. T. 12, 1899.

35. **Pratt, H. S.**, A contribution to the Life-history and anatomy of the appendiculate Distomes. Zoolog. Jahrbb., Abtlg. Anat. Ontog. d. Tiere. Bd. 11, 1898.

36. **Prenant, A.**, Recherches sur les vers parasites des poissons. Bull. Soc. scienc. Nancy. Sér. II, T. 7, 1885.

37. **Rátz, St., v.**, Beiträge zur Parasitenfauna der Balatonfische. Centralbl. Bakteriol. Parasitkde. Abtlg. I, Bd. 22, 1897.

38. **Riggenbach, E.**, Das Genus **Ichthyotaenia**. Revue suisse de Zoologie, Bd. 4, 1896.

39. **Schneider, G.**, Några statistiska meddelanden angående parasiter i fiskar från Finlands södra skärgård. Fiskeritidskrift för Finland. Häft 10, 1901.

40. **Srámek, A.**, Helminthen der an der zoologischen Station in Podiebrad untersuchten Fische. Archiv der naturwiss. Landesdurchforschung Böhmens. Bd. 11, 1902.

41. **Stiles, C. W. and Hassall, A.**, A preliminary Catalogue of the Parasites contained in the collections of the U. S. Bureau of animal industry. Veterinary magazine, Philadelphia 1894.

42. **Stossich, M.**, Brani di Elmintologia tergestina. Boll. Soc. Adriat. Sc. nat. Trieste. Vol 8—12, 1883—1890.

43. — — I. Distomi dei pesci marini e d'acqua dolce. Lavoro monografico. Programma del Ginnasio comunale superiore di Trieste, 1886.

44. — — Appendice al mio lavoro „I Distomi dei pesci marini e d'acqua dolce“ ibid. 1887—88.

45. — — Elminti veneti raccolti dal Dr. Alessandro conte de Ninni. Boll. Soc. Adriat. Sc. nat. Trieste. Vol. 12, 1890.

46. — — Il genere **Trichosoma** Rud. Lavoro monografico. Ibid. Vol. 12, 1890.

47. — — Osservazioni elmintologiche. Soc. Historico-naturalis Croatica 1892.

48. — — Ricerche elmintologiche. Boll. Soc. Adriat. Sc. nat. Trieste. Vol. 17, 1896.

49. — — Il genere **Ascaris** L. Lavoro monografico. Ibid. Vol. 17, 1896.

50. — — Filarie e Spiroptere. Lavoro monografico. Ibid. Vol. 18, 1897.

51. — — Note parassitologiche. Ibid. Vol. 18, 1897.

52. — — Saggio di una fauna elmintologica di Trieste e provincie contermini. Programma della Cicica Scuola Reale Superiore, Trieste 1898.

53. — — Osservazioni elmintologiche. Boll. Soc. Adriat. Sc. nat., Trieste. Vol. 20, 1900.

54. **Van Beneden, P. J.**, Les vers cestoïdes ou acotyles considérés sous le rapport de leur classification, de leur anatomie et de leur dévoloppement. Mém. Acad. R. Belgique, T. 25, 1850.

55. **Vaullegeard, A.**, Sur les Helminthes des Crustacés décapodes brachyoures et anomoures. Assoc. franç. avancement des sciences, congrès de Bordeaux 1895.

56. — — Recherches sur les Tétrarhynques. Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris. No. 987, 1899.

57. **Zschokke, F.**, Recherches sur l'organisation et la distribution zoologique des vers parasites des poissons d'eau douce. Archives de Biologie, T. 5, 1884.

58. — — Helminthologische Bemerkungen Mittlgn. Zoolog. Stat. Neapel. Bd. 7, 1886.

59. — Erster Beitrag zur Parasitenfauna von **Trutta salar.** Verhandlg. Naturf. Ges. Basel. Bd. 8, 1889.

60. — — Die Parasitenfauna von **Trutta salar.** Centralbl. Bakteriol. Parasitkde., Bd. 10, 1891.

61. — — Zur Lebensgeschichte des **Echinorhynchus proteus** Westrumb. Ibid., Bd. 10, 1891.

62. — — Zur Faunistik. der parasitischen Würmer von Süsswasserfischen. Centralbl. Bakteriol Parasitkde. Abtlg. I, Bd. 19, 1896.

63. — — **Hymenolepis (Drepanidotaenia) lanceolata** Bloch als Schmarotzer im Menschen. Ibid. Bd. 21, 1902.

Über konforme Abbildung im Raum.

Von

Karl VonderMühll.

Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts ist bekannt, dass durch das Prinzip der reziproken Radien nicht nur eine Ebene auf einer andern Ebene, sondern auch ein Raum in einem andern Raum konform, d. h. in den kleinsten Teilen ähnlich abgebildet wird.

Für den Raum hat meines Wissens Liouville den Satz zuerst ausgesprochen.*) Während aber unendlich viele konforme Abbildungen einer Fläche auf einer andern Fläche existieren, ist die Abbildung durch reziproke Radien die einzige, wo die kleinsten Raumteile in Figur und Bild einander ähnlich sind. Auch dieser Satz ist längst bekannt; doch habe ich eine direkte, rein analytische Ableitung nirgends gefunden; ich erlaube mir daher sie im Folgenden zu geben.

Es bezeichne (ξ, η, ζ) einen Punkt der Figur, (x, y, z) sein Bild in geradlinigen rechtwinkligen Koordinaten; dσ und ds seien zwei einander entsprechende unendlich kleine Längen:

$$d\sigma^2 = d\xi^2 + d\eta^2 + d\zeta^2 \; ,$$
$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 \; ;$$

der sogenannte Kartenmodul werde mit p bezeichnet.

---

*) Journal de Math. XII. 1847.

Dann gilt für konforme Abbildung die Gleichung:

$$(1) \qquad d\sigma = p\,ds\ ,$$

wo p eine Funktion von (ξ, η, ζ) oder (x, y, z) sein soll.

Wir suchen p als Funktion von (x, y, z) zu bestimmen.

Indem wir x, y, z als Funktionen von (ξ, η, ζ), ξ, η, ζ als Funktionen von (x, y, z) betrachten, folgen aus den Gleichungen

$$dx = \frac{dx}{d\xi}\,d\xi + \frac{dx}{d\eta}\,d\eta + \frac{dx}{d\zeta}\,d\zeta\ ,\ \text{u. s. w.}$$

$$d\xi = \frac{d\xi}{dx}\,dx + \frac{d\xi}{dy}\,dy + \frac{d\xi}{dz}\,dz\ ,\ \text{u. s. w.}$$

die Beziehungen zwischen den partiellen Differentialquotienten:

$$(2) \qquad \left|\begin{array}{l} \dfrac{dx}{d\xi}\,\dfrac{d\xi}{dx} + \dfrac{dx}{d\eta}\,\dfrac{d\eta}{dx} + \dfrac{dx}{d\zeta}\,\dfrac{d\zeta}{dx} = 1\ , \\ \dfrac{dx}{d\xi}\,\dfrac{d\xi}{dy} + \dfrac{dx}{d\eta}\,\dfrac{d\eta}{dy} + \dfrac{dx}{d\zeta}\,\dfrac{d\zeta}{dy} = 0\ , \end{array}\right.$$

$$\text{u. s. w.}$$

Die Bedingung der konformen Abbildung

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 = p^2\,(d\xi^2 + d\eta^2 + d\zeta^2)$$

aber liefert die Gleichungen:

$$(3) \qquad \left|\begin{array}{l} \left(\dfrac{dx}{d\xi}\right)^2 + \left(\dfrac{dy}{d\xi}\right)^2 + \left(\dfrac{dz}{d\xi}\right)^2 = p^2\ ,\ \text{u. s. w.} \\ \dfrac{dx}{d\eta}\,\dfrac{dx}{d\zeta} + \dfrac{dy}{d\eta}\,\dfrac{dy}{d\zeta} + \dfrac{dz}{d\eta}\,\dfrac{dz}{d\zeta} = 0\ ,\ \text{u. s. w.} \end{array}\right.$$

und die entsprechenden:

$$(4) \qquad \left|\begin{array}{l} \left(\dfrac{d\xi}{dx}\right)^2 + \left(\dfrac{d\eta}{dx}\right)^2 + \left(\dfrac{d\zeta}{dx}\right)^2 = \dfrac{1}{p^2}\ ,\ \text{u. s. w.} \\ \dfrac{d\xi}{dy}\,\dfrac{d\xi}{dz} + \dfrac{d\eta}{dy}\,\dfrac{d\eta}{dz} + \dfrac{d\zeta}{dy}\,\dfrac{d\zeta}{dz} = 0\ ,\ \text{u. s. w.} \end{array}\right.$$

Die Funktionaldeterminanten

$$D = \begin{vmatrix} \frac{dx}{d\xi} & \frac{dy}{d\xi} & \frac{dz}{d\xi} \\ \frac{dx}{d\eta} & \frac{dy}{d\eta} & \frac{dz}{d\eta} \\ \frac{dx}{d\zeta} & \frac{dy}{d\zeta} & \frac{dz}{d\zeta} \end{vmatrix}$$

und

$$\varDelta = \begin{vmatrix} \frac{d\xi}{dx} & \frac{d\eta}{dx} & \frac{d\zeta}{dx} \\ \frac{d\xi}{dy} & \frac{d\eta}{dy} & \frac{d\zeta}{dy} \\ \frac{d\xi}{dz} & \frac{d\eta}{dz} & \frac{d\zeta}{dz} \end{vmatrix}$$

können nicht verschwinden, und es ist

$$D\varDelta = 1 \ .$$

Durch Auflösen der Gleichungen (2), (3) und (4) ergeben sich die Relationen:

$$(5) \qquad \frac{dx}{d\xi} = p^2 \frac{d\xi}{dx} \ , \quad \frac{dx}{d\eta} = p^2 \frac{d\eta}{dx} \ , \quad \frac{dx}{d\zeta} = p^2 \frac{d\zeta}{dx}$$

u. s. w.

oder

$$(6) \qquad \frac{d\xi}{dx} = \frac{1}{p^2} \frac{dx}{d\xi} \ , \quad \frac{d\xi}{dy} = \frac{1}{p^2} \frac{dy}{d\xi} \ , \quad \frac{d\xi}{dz} = \frac{1}{p^2} \frac{dz}{d\xi}$$

u. s. w.

so dass

$$D = p^6 \varDelta \ ,$$

also, weil $D\varDelta = 1$,

$$D^2 = p^6 \ , \qquad \varDelta^2 = \frac{1}{p^6} \ .$$

Die Gleichungen (3) können auch ersetzt werden durch

$$(3,a)\quad \left\{\begin{aligned} &\left(\frac{dx}{d\xi}\right)^2+\left(\frac{dx}{d\eta}\right)^2+\left(\frac{dx}{d\zeta}\right)^2=p^2\ ,\ \text{u. s. w.}\\ &\frac{dy}{d\xi}\frac{dz}{d\xi}+\frac{dy}{d\eta}\frac{dz}{d\eta}+\frac{dy}{d\zeta}\frac{dz}{d\zeta}=0\ ,\ \text{u. s. w.}\end{aligned}\right.$$

entsprechend die Gleichungen (4) durch

$$(4,a)\quad \left\{\begin{aligned} &\left(\frac{d\xi}{dx}\right)^2+\left(\frac{d\xi}{dy}\right)^2+\left(\frac{d\xi}{dz}\right)^2=\frac{1}{p^2}\ ,\ \text{u. s. w.}\\ &\frac{d\eta}{dx}\frac{d\zeta}{dx}+\frac{d\eta}{dy}\frac{d\zeta}{dy}+\frac{d\eta}{dz}\frac{d\zeta}{dz}=0\ ,\ \text{u. s. w.}\end{aligned}\right.$$

Ist nun F eine beliebige Funktion von (x, y, z) oder (ξ, η, ζ), so folgt aus

$$\frac{dF}{dx}=\frac{dF}{d\xi}\frac{d\xi}{dx}+\frac{dF}{d\eta}\frac{d\eta}{dx}+\frac{dF}{d\zeta}\frac{d\zeta}{dx}$$

durch Einsetzen der Werte $\frac{d\xi}{dx}$, u. s. w. nach den Gleichungen (6) in $\left(\frac{dx}{d\xi}\right)$, u. s. w.

$$\frac{dF}{d\xi}\frac{dx}{d\xi}+\frac{dF}{d\eta}\frac{dx}{d\eta}+\frac{dF}{d\zeta}\frac{dx}{d\zeta}=p^2\frac{dF}{dx}\ ,$$

und dieselbe Gleichung gilt, wenn wir y oder z statt x schreiben.

Wir setzen zunächst $F=\frac{dx}{d\xi}$ und erhalten:

$$\frac{dx}{d\xi}\frac{d^2x}{d\xi^2}+\frac{dx}{d\eta}\frac{d^2x}{d\xi d\eta}+\frac{dx}{d\zeta}\frac{d^2x}{d\xi d\zeta}=p^2\frac{d\frac{dx}{d\xi}}{dx}\ ;$$

nach der ersten Gleichung (3,a) ist aber die linke Seite gleich

$$p\frac{dp}{d\xi}\ ,$$

folglich

$$\frac{d\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dx} = \frac{1}{p}\,\frac{dp}{d\xi}\,.$$

Nehmen wir dagegen y statt x und setzen $F = \dfrac{dy}{d\xi}$, so folgt

$$\frac{dy}{d\xi}\,\frac{d^2y}{d\xi^2} + \frac{dy}{d\eta}\,\frac{d^2y}{d\xi d\eta} + \frac{dy}{d\zeta}\,\frac{d^2y}{d\xi d\zeta} = p^2\,\frac{d\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dy}\,,$$

und auch dieser Wert ist nach (3,a) gleich $p\,\dfrac{dp}{d\xi}$.

Ebenso mit z statt x.

Wir haben somit

$$(7) \qquad \frac{d\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dx} = \frac{d\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dy} = \frac{d\,\dfrac{dz}{d\xi}}{dz}\,.$$

Weiter folgt aus der Gleichung unter (3,a):

$$\frac{dy}{d\xi}\,\frac{dz}{d\xi} + \frac{dy}{d\eta}\,\frac{dz}{d\eta} + \frac{dy}{d\zeta}\,\frac{dz}{d\zeta} = 0$$

durch Differentiation nach ξ:

$$0 = \frac{d^2y}{d\xi^2}\,\frac{dz}{d\xi} + \frac{d^2y}{d\xi d\eta}\,\frac{dz}{d\eta} + \frac{d^2y}{d\xi d\zeta}\,\frac{dz}{d\zeta} +$$

$$+ \frac{dy}{d\xi}\,\frac{d^2z}{d\xi^2} + \frac{dy}{d\eta}\,\frac{d^2z}{d\xi d\eta} + \frac{dy}{d\zeta}\,\frac{d^2z}{d\xi d\zeta}$$

$$= p^2\left(\frac{d\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dz} + \frac{d\,\dfrac{dz}{d\xi}}{dy}\right).$$

Folglich gelten die drei weiteren Gleichungen:

$$(8)\qquad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{d\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dz} + \dfrac{d\,\dfrac{dz}{d\xi}}{dy} = 0\,, \\[2ex] \dfrac{d\,\dfrac{dz}{d\xi}}{dx} + \dfrac{d\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dz} = 0\,, \\[2ex] \dfrac{d\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dy} + \dfrac{d\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dx} = 0\,. \end{array}\right.$$

In den Gleichungen (7) und (8) kann statt ξ auch η oder ζ gesetzt werden.

Aus den Gleichungen (8) folgt durch Differentiation nach x, y und z:

$$\frac{d^2\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dz\,dx} + \frac{d^2\,\dfrac{dz}{d\xi}}{dx\,dy} = 0, \text{ u. s. w.}$$

also

$$(9)\qquad \frac{d^2\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dy\,dz} = 0\,,\quad \frac{d^2\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dz\,dx} = 0\,,\quad \frac{d^2\,\dfrac{dz}{d\xi}}{dx\,dy} = 0\,.$$

Aus den Gleichungen (7) aber finden wir in Verbindung mit den Gleichungen (8):

$$\frac{d^2\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dx^2} = \frac{d^2\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dx\,dy} = -\,\frac{d^2\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dy^2} = \frac{d^2\,\dfrac{dz}{d\xi}}{dx\,dz} = -\,\frac{d^2\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dz^2}\,,$$

und dieser Wert ist konstant. Denn seine Differentialquotienten nach y und z verschwinden, weil nach (9)

$$\frac{d^3\,\dfrac{dx}{d\xi}}{dx\,dy\,dz} = 0\,,\qquad \frac{d^3\,\dfrac{dy}{d\xi}}{dx\,dy\,dz} = 0\,,$$

und desgleichen der Differentialquotient nach x.

Wir haben nämlich:

$$\frac{d^3 \frac{dx}{d\xi}}{dx^3} = \frac{d^3 \frac{dy}{d\xi}}{dx^2\, dy} = \frac{d^3 \frac{dz}{d\xi}}{dx^2 dz} = \frac{d^3 \frac{dy}{d\xi}}{dz^2\, dy} = \frac{d^3 \frac{dz}{d\xi}}{dy^2\, dz},$$

und der letzte Ausdruck ist nach (8) gleich

$$-\frac{d^3 \frac{dy}{d\xi}}{dy\, dz^2};$$

folglich muss $\frac{d^3 \frac{dx}{d\xi}}{dx^3}$ gleich null sein.

Wir setzen:

$$(10)\quad \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dx^2} = -\frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dy^2} = \frac{d^2 \frac{dy}{d\xi}}{dx\, dy} = -\frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dz^2} = \frac{d^2 \frac{dz}{d\xi}}{dx\, dz} = a\,.$$

nennen die Werte b und c, wenn statt x y und z gesetzt wird, dagegen a', b', c', und a'', b'', c'', wenn wir statt ξ η und ζ schreiben.

Nun haben wir einmal:

$$(11)\quad \frac{d \frac{dx}{d\xi}}{dx} = \frac{1}{p} \frac{dp}{d\xi} = \frac{1}{p} \left(\frac{dx}{d\xi} \frac{dp}{dx} + \frac{dy}{d\xi} \frac{dp}{dy} + \frac{dz}{d\xi} \frac{dp}{dz} \right)$$

u. s. w.

sodann

$$\frac{d \frac{dy}{d\xi}}{dz} + \frac{d \frac{dz}{d\xi}}{dy} = 0$$

und, nach (6),

$$\frac{d \frac{1}{p^2} \frac{dy}{d\xi}}{dz} = \frac{d \frac{1}{p^2} \frac{dz}{d\xi}}{dy}$$

oder

$$\frac{d\,\frac{dy}{d\xi}}{dz} - \frac{d\,\frac{dz}{d\xi}}{dy} = \frac{2}{p}\left(\frac{dy}{d\xi}\,\frac{dp}{dz} - \frac{dz}{d\xi}\,\frac{dp}{dy}\right),$$

folglich

$$(12) \quad \frac{d\,\frac{dy}{d\xi}}{dz} = \frac{1}{p} \quad \frac{dy}{d\xi}\,\frac{dp}{dz} - \frac{dz}{d\xi}\,\frac{dp}{dy} \quad , \text{ u. s. w.}$$

Wir bezeichnen mit Σ die Summe der drei Ausdrücke, die durch cyklische Vertauschung der Variabeln ξ, η, ζ folgen. Dann geben die Gleichungen (11) und (12):

$$\Sigma \; \frac{dx}{d\xi}\,\frac{d\,\frac{dx}{d\xi}}{dx} = p\,\frac{dp}{dx} \; ,$$

$$\Sigma \; \frac{dx}{d\xi}\,\frac{d\,\frac{dx}{d\xi}}{dy} = - \Sigma \; \frac{dx}{d\xi}\,\frac{d\,\frac{dy}{d\xi}}{dx} = p\,\frac{dp}{dy} = \Sigma \; \frac{dy}{d\xi}\,\frac{d\,\frac{dx}{d\xi}}{dx} \; ,$$

$$\Sigma \; \frac{dx}{d\xi}\,\frac{d\,\frac{dy}{d\xi}}{dz} = 0 \; .$$

Dividieren wir die zweite dieser Gleichungen mit p^2 und differenzieren wir dann nach y, so folgt:

$$\Sigma \; \frac{1}{p^2}\,\frac{dx}{d\xi}\,\frac{d^2\,\frac{dx}{d\xi}}{dy^2} + \Sigma \; \frac{d^2\xi}{dxdy}\,\frac{d\,\frac{dx}{d\xi}}{dy} = \frac{1}{p}\,\frac{d^2p}{dy^2} - \frac{1}{p^2}\left(\frac{dp}{dy}\right)^2,$$

und ähnlich:

$$\Sigma \; \frac{1}{p^2}\,\frac{dy}{d\xi}\,\frac{d^2\,\frac{dy}{d\xi}}{dx^2} + \Sigma \; \frac{d^2\xi}{dxdy}\,\frac{d\,\frac{dy}{d\xi}}{dx} = \frac{1}{p}\,\frac{d^2p}{dx^2} - \frac{1}{p^2}\left(\frac{dp}{dx}\right)^2,$$

mithin:

$$\Sigma \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dy^2} + \Sigma \frac{dy}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dy}{d\xi}}{dx^2} = p\left(\frac{d^2p}{dx^2} + \frac{d^2p}{dy^2}\right) - \left(\frac{dp}{dx}\right)^2 - \left(\frac{dp}{dy}\right)^2.$$

Wir finden aber auch:

$$\Sigma \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dy^2} + \Sigma \left(\frac{d \frac{dx}{d\xi}}{dy}\right)^2 = p \frac{d^2p}{dy^2} + \left(\frac{dp}{dy}\right)^2,$$

$$\Sigma \frac{dy}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dy}{d\xi}}{dx^2} + \Sigma \left(\frac{d \frac{dy}{d\xi}}{dx}\right)^2 = p \frac{d^2p}{dx^2} + \left(\frac{dp}{dx}\right)^2,$$

folglich

$$\Sigma \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dy^2} + \Sigma \frac{dy}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dy}{d\xi}}{dx^2} + \Sigma \left(\frac{d \frac{dx}{d\xi}}{dy}\right)^2 + \Sigma \left(\frac{d \frac{dy}{d\xi}}{dx}\right)^2 =$$

$$= p\left(\frac{d^2p}{dx^2} + \frac{d^2p}{dy^2}\right) + \left(\frac{dp}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dp}{dy}\right).$$

Mit Berücksichtigung von (8) folgt hieraus:

$$\Sigma \left(\frac{d \frac{dx}{d\xi}}{dy}\right)^2 = \Sigma \left(\frac{d \frac{dy}{d\xi}}{dx}\right)^2 = \left(\frac{dp}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dp}{dy}\right)^2$$

und dann

$$\Sigma \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dy^2} = p \frac{d^2p}{dy^2} - \left(\frac{dp}{dx}\right)^2 = \Sigma \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dz^2} = p \frac{d^2p}{dz^2} - \left(\frac{dp}{dx}\right)^2,$$

nach den Gleichungen (10).

Foglich muss sein

$$(13) \qquad \frac{d^2p}{dy^2} = \frac{d^2p}{dz^2} = \frac{d^2p}{dx^2}.$$

Weiter folgt aus

$$\frac{1}{p}\frac{dp}{dx} = \Sigma \frac{d\xi}{dz}\frac{d\frac{dz}{d\xi}}{dx}$$

durch Differentiation nach y:

$$p\frac{d^2p}{dx\,dy} - \frac{dp}{dx}\frac{dp}{dy} = p^2 \Sigma \frac{d^2\xi}{dy\,dz}\frac{d\frac{dz}{d\xi}}{dx} + \Sigma \frac{dz}{d\xi}\frac{d^2\frac{dz}{d\xi}}{dx\,dy},$$

und die letzte Summe verschwindet nach (9).

Aus

$$0 = \Sigma \frac{d\xi}{dy}\frac{d\frac{dx}{d\xi}}{dz}$$

aber finden wir durch Differentiation nach z:

$$\Sigma \frac{d^2\xi}{dydz}\frac{d\frac{dx}{d\xi}}{dz} + \frac{1}{p^2}\Sigma \frac{dy}{d\xi}\frac{d^2\frac{dx}{d\xi}}{dz^2} = 0.$$

Somit ist:

$$p\frac{d^2p}{dxdy} - \frac{dp}{dx}\frac{dp}{dy} = \Sigma \frac{dy}{d\xi}\frac{d^2\frac{dx}{d\xi}}{dz^2}.$$

Ferner gibt die Gleichung

$$p\frac{dp}{dy} = \Sigma \frac{dy}{d\xi}\frac{d\frac{dy}{d\xi}}{dy}$$

durch Differentiation nach x:

$$p\frac{d^2p}{dxdy} + \frac{dp}{dx}\frac{dp}{dy} = \Sigma \frac{dy}{d\xi}\frac{d^2\frac{dy}{d\xi}}{dxdy} + \Sigma \frac{d\frac{dy}{d\xi}}{dx}\frac{d\frac{dy}{d\xi}}{dy};$$

folglich wird

$$2\,p\frac{d^2p}{dx\,dy} = \sum\frac{d\frac{dy}{d\xi}}{dx}\,\frac{d\frac{dy}{d\xi}}{dy} = -\sum\frac{d\frac{dx}{d\xi}}{dy}\,\frac{d\frac{dx}{d\xi}}{dx}$$

$$= \sum\frac{d\frac{dx}{d\xi}}{dy}\,\frac{d\frac{dx}{d\xi}}{dx} = 0\,,$$

da wir in dem ersten Wert x und y vertauschen können.

Wir finden also, dass die zweiten Differentialquotienten $\frac{d^2p}{dy\,dz}$, u. s. w. null sein müssen; dann ist $\frac{dp}{dx}$ nur Funktion von x, und wegen der Gleichungen (13) $\frac{d^2p}{dx^2}$ konstant.

Wir setzen:

$$(14) \qquad \frac{d^2p}{dx^2} = \frac{d^2p}{dy^2} = \frac{d^2p}{dz^2} = \frac{2}{R^2}\,,$$

wo R eine Länge bedeutet.

Dann folgt durch Integration

$$\frac{dp}{dx} = \frac{2\,(x-\alpha)}{R^2}\,,\ \text{u. s. w.}$$

und indem wir den Anfangspunkt der x, y, z verlegen, werden α, β, γ null. Durch nochmalige Integration ergibt sich:

$$(15) \qquad p = \frac{x^2 + y^2 + z^2}{R^2} + C\,.$$

Die Konstante C bleibt vorläufig unbestimmt.

Wir setzen diesen Wert ein in die Gleichungen:

$$\sum \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dx^2} = \left(\frac{dp}{dx}\right)^2 - p \frac{d^2p}{dx^2} ,$$

$$\sum \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dy}{d\xi}}{dz^2} = - \frac{dp}{dx} \frac{dp}{dy} ,$$

$$\sum \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dz}{d\xi}}{dy^2} = - \frac{dp}{dx} \frac{dp}{dz}$$

wo die beiden letztern folgen aus

$$\sum \frac{dy}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dz^2} = - \frac{dp}{dx} \frac{dp}{dy}$$

und die erstere aus

$$\sum \frac{dx}{d\xi} \frac{d^2 \frac{dx}{d\xi}}{dy^2} = p \frac{d^2p}{dy^2} - \left(\frac{dp}{dx}\right)^2 ,$$

und führen die Konstanten a, b, c u. s. w. ein, nach den Gleichungen (10).

Wir erhalten dann:

$$\sum a \frac{dx}{d\xi} = \frac{2\,(x^2 - y^2 - z^2)}{R^4} - \frac{2\,C}{R^2} ,$$

$$\sum b \frac{dx}{d\xi} = \frac{4\,xy}{R^4} ,$$

$$\sum c \frac{dx}{d\xi} = \frac{4\,xz}{R^4} .$$

Indem wir diese Gleichungen zweimal nach x differenzieren, folgt:

$$(16) \quad \sum a^2 = \frac{4}{R^4} , \quad \sum ba = 0 , \quad \sum ca = 0 , \text{ u. s. w.}$$

Dann ist auch:

$$(16a)\quad \left|\begin{array}{l} a^2 + b^2 + c^2 = \dfrac{4}{R^4}\ ,\ \text{u. s. w.} \\ a'\,a'' + b'\,b'' + c'\,c'' = 0,\ \text{u. s. w.} \end{array}\right.$$

Durch Auflösen der obigen Gleichungen aber finden wir:

$$\frac{dx}{d\xi} = (ax + by + cz)\,x - {}^1/_2\,a\,(r^2 - C\,R^2)\ ,$$

$$\frac{dx}{d\eta} = (a'\,x + b'\,y - c'\,z)\,x - {}^1/_2\,a'\,(r^2 + C\,R^2)\,,$$

$$\frac{dx}{d\zeta} = (a''\,x + b''\,y + c''z)\,x - {}^1/_2\,a''\,(r^2 + C\,R^2)\ ,$$

wo zur Abkürzung gesetzt ist:

$$(17)\qquad r^2 = x^2 + y^2 + z^2\ .$$

Nun ist nach (3,a):

$$p^2 = \Sigma\left(\frac{dx}{d\xi}\right)^2\ ;$$

folglich

$$\left(\frac{r^2}{R^2} + C\right)^2 = x^2\,\Sigma(ax + by + cz)^2 + {}^1/_4\,(r^2 - CR^2)^2\,\Sigma a^2 -$$

$$- x\,(r^2 - C\,R^2)\,\Sigma a\,(ax + by + cz)$$

$$= \frac{4\,r^2\,x^2 + (r^2 + C\,R^2)^2 - 4\,(r^2 - C\,R^2)\,x^2}{R^4}\ .$$

also $$C = 0\ .$$

Wir erhalten somit:

$$(18)\qquad p = \frac{r^2}{R^2}$$

$$(19)\qquad \frac{dx}{d\xi} = (ax + by + cz)\,x - {}^1/_2\,a\,r^2\ ,$$

u. s. w.

Aus (6)

$$\frac{d\xi}{dx} = \frac{1}{p^2}\,\frac{dx}{d\xi} = R^4\,\frac{(ax + by + cz)\,x - {}^1\!/_2\, ar^2}{r^4}$$

$$= -\,\frac{R^4}{2}\,\frac{d\,\dfrac{ax + by + cz}{r^2}}{dx}$$

folgt dann weiter:

$$\xi + A = -\,\frac{R^4}{2}\,\frac{ax + by + cz}{r^2}\,,$$

oder, wenn wir den Anfangspunkt der (ξ, η, ζ) mit dem der (x, y, z) zusammenlegen:

$$(20)\qquad \xi = -\,\frac{R^4}{2}\,\frac{ax + by + cz}{r^2}\,,\ \text{u. s. w.}$$

Setzen wir also

$$(21)\qquad \varrho^2 = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2\,.$$

so wird nach (20)

$$\varrho^2 = \frac{R^4}{r^2}$$

oder

$$(22)\qquad r^2\,\varrho^2 = R^4\,,$$

und

$$ax + by + cz = -\,\frac{2\xi}{\varrho^2}\,,\ \text{u. s. w.}$$

Drehen wir endlich das Koordinatensystem (x, y, z) so um den Anfangspunkt, dass seine Axen mit denen der (ξ, η, ζ) zusammenfallen, so wird:

$$
\begin{aligned}
x &= -\,{}^1/_2\, R^2\, (ax + by + cz) \;, \\
y &= -\,{}^1/_2\, R^2\, (a'x + b'y + c'z \;, \\
z &= -\,{}^1/_2\, R^2\, (a''x + b''x + c''z) \;,
\end{aligned}
$$

und wir gelangen zu den bekannten Formeln der Transformation mittelst reziproker Radien:

$$
\begin{aligned}
r^2 \varrho^2 &= R^4 \;, \\
x &= \frac{R^2 \xi}{\varrho^2} \;, \text{ u. s. w.} \\
\xi &= \frac{R^2 x}{r^2} \;, \text{ u. s. w.}
\end{aligned}
$$

als der einzigen konformen Abbildung eines Raumes in einem andern Raum.

Über einige Eigenschaften des geschmolzenen Quarzes.

Von

P. Chappuis.

Die von H. Boys angeregte Anwendung von Quarzfäden zum Aufhängen von Galvanometern, Spiegeln und Magneten lenkte die Aufmerksamkeit der Physiker auf diese Substanz, deren Eigenschaften besonderes Interesse verdienen.

Zunächst ist es mit dem Knallgasgebläse gelungen, grössere Gefässe, Thermometer, Dilatometer und Geisslersche Röhren aus geschmolzenem Quarz zu verfertigen. Lechatelier erhielt im elektrischen Ofen einen prismatischen Stab von 50 mm Länge und 10 mm Durchmesser und konnte auf demselben die thermische Ausdehnung bestimmen.

Er fand folgende auffallend kleine Ausdehnungscoeffizienten zwischen den angegebenen Temperaturgrenzen

	$(0^0.180^0)$	$(0^0.532^0)$	$(0^0.588^0)$	$(0^0.700^0)$	$(0^0.750^0)$	$(0^0.850^0)$
Coeff. $\times 10^8 =$	28	71	85	107	120	74

Bei der Kleinheit der Längenänderungen treten die Unregelmässigkeiten der Beobachtungen zu stark hervor, als dass man aus diesen Zahlen einen Schluss über die Änderung der Ausdehnung mit der Temperatur ziehen könnte. Doch zeigt der Vergleich mit dem sich wenig ausdehnenden Platin, dass zwischen 0° und 700° der mittlere Ausdehnungscœffizient des geschmolzenen Quarzes nur $^1/_9$tel desjenigen des Platins beträgt. Eine Bestätigung dieser Beobachtung kann man in der bekannten Thatsache erblicken, dass der geschmolzene Quarz ohne Gefahr des Zerspringens glühend in Wasser getaucht werden kann.

Indessen schien mir eine genauere Bestimmung der Ausdehnung wünschenswert. Ich verfertigte zu diesem Zwecke aus geschmolzenem Quarz einen Cylinder von zirka 10 mm Durchmesser und 15 mm Länge und liess die beiden Endflächen desselben plan und parallel schleifen. Die Bestimmung der Ausdehnung geschah mit dem Fizeauschen Apparat des internationalen Maass- und Gewichts-Bureau's in Sèvres. Die Konstanten dieses Apparates sind bekanntlich von H. Dr. Benoît zwischen 0° und 80° mit ausserordentlicher Sorgfalt und Genauigkeit bestimmt worden. Da die von mir befolgte Methode bereits von Dr. Benoît im Bd. VI. der „Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures“ ausführlich beschrieben worden ist, werde ich mich mit der Mitteilung der Beobachtungen begnügen und verweise für nähere Details auf die genannte Abhandlung.

Bei dem kleinen Querschnitt des Quarzstückes war es nicht möglich, die Beobachtung der Fransen auf mehr als 7 Punkte zu beziehen. Das Bild der Fransen im Beobachtungsfernrohr mit den Referenzmarken wird in Figur 1 dargestellt.

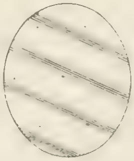


Fig. 1

Die Messungen ergaben für die Höhe des Cylinders:

$$E = 14{,}765 \text{ mm}$$

und für die Dicke der Luftschicht zwischen Quarz und Linse:

$$e = 0{,}037 \text{ mm}.$$

Die im Oktober 1901 ausgeführten Beobachtungen sind in ihrer Reihenfolge in nachstehender Tabelle mit den zugehörigen Korrektionen zusammengestellt worden. Die Temperaturen wurden an 4 Quecksilberthermometern abgelesen, deren Gefässe sich in unmittelbarer Nähe des Platiniridiumdreifusses befanden. Zwei dieser Thermometer wurden zwischen 0° und 50°, die 2 anderen zwischen 50° und 100° beobachtet.

Die Abweichungen der Angaben dieser gut verglichenen Instrumente betragen ausnahmsweise 4 Hundertstel Grad und sind im allgemeinen kleiner als 2 Hundertstel.

Nach der Regulierung der Temperatur wurde der Apparat während wenigstens 6 Stunden sich selbst überlassen, um den vollständigen thermischen Ausgleich zu sichern. Die Beobachtungen folgten gewöhnlich in Zeiträumen von 12 Stunden auf einander.

Zusammenstellung der Beobachtungen.

Datum 1901	Barometer auf 0° reduciert	Temperatur (Normalskale)	Mittel der Fransenablesungen	Correction	Corrigiertes Mittel
		°	f		f
8. Okt. a. m.	752,79	83,359	52,14	+ 0,009	52,149
8. „ p. m.	749,87	79,975	50,71	+ 9	50,719
9. „ a. m.	749,15	70,481	46,73	+ 8	46,738
9. „ p. m.	757,03	57,826	41,46	+ 7	41,467
10. „ a. m.	763,03	48,649	37,59	+ 5	37,595
10. „ p. m.	762,77	42,500	35,12	+ 5	35,125
11. „ p. m.	759,94	30,311	30,05	+ 4	30,054

12.	Okt.	a. m.	758,74	18,003	25,03	+	2	25,032
12.	„	p. m.	757,33	15,746	24,04	+	2	24,042
13.	„	a. m.	758,62	24,738	27,79	+	3	27,793
13.	„	p. m.	757,25	34,997	32,02	+	4	32,024
14.	„	a. m.	755,55	40,401	34,24	+	5	34,245
14.	„	p. m.	753,50	62,926	43,64	+	7	43,647
15.	„	a. m.	751,25	73,626	48,04	+	8	48,048
16.	„	a. m.	748,25	84,233	52,46	+	9	52,469
17.	„	a. m.	747,53	74,837	48,54	+	8	48,548
17.	„	p. m.	748,78	67,742	45,59	+	8	45,598
18.	„	a. m.	748,04	60,639	42,66	—	7	42,667
18.	„	p. m.	746,22	44,360	35,89	+	5	35,895
19.	„	a. m.	750,04	55,342	40,43	—	6	40,436
20.	„	p. m.	752,75	14,634	23,58	+	2	33,582
21.	„	a. m.	750,71	38,253	33,36	+	5	33,365
21.	„	p. m.	751,71	33,749	31,48	+	4	31,484
22.	„	a. m.	752,27	23,422	27,23	+	3	27,233
23.	„	a. m.	758,39	13,610	23,17	+	2	23,172
25.	„	a. m.	758,76	1,867	18,29		0	18,290
25.	„	p. m.	757,48	1,611	18,17		0	18,170
26.	„	a. m.	759,69	2,065	18,37		0	18,370
28.	„	a. m.	765,20	10,229	21,78	+	1	21,781

Diese Beobachtungen lassen sich durch eine Interpolationsformel von der Form

$$x + t y + t^2 z = n$$

darstellen, worin t die Temperaturen, *n* die korrigierten Mittel und x, y, z die Konstanten bezeichnen, welche mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen sind. Man erhält demnach für diese Konstanten:

$$x = +\ 17{,}537\,686\,9$$
$$y = +\ 0{,}412\,630\,52$$
$$z = +\ 0{,}000\,025\,894$$

Vergleicht man die aus obiger Funktion berechneten Werte mit den Beobachtungen, so erhält man folgende in Fransen ausgedrückte übrigbleibende Fehler.

	Beob.-Berechn.		Beob.-Berechn.		Beob.-Berechn.
	f.		f.		f.
1	+ 0,03	11	+ 0,01	21	0,00
2	+ 0,02	12	— 0,01	22	+ 0,01
3	— 0,01	13	+ 0,04	23	— 0,01
4	— 0,02	14	— 0,01	24	+ 0,02
5	— 0,08	15	— 0,01	25	+ 0,01
6	+ 0,00	16	— 0,01	26	— 0,02
7	— 0,01	17	— 0,01	27	— 0,03
8	+ 0,06	18	+ 0,01	28	— 0,02
9	+ 0,00	19	+ 0,00	29	+ 0,02
10	+ 0,03	20	— 0,02		

Aus den von H. Dr. Benoît bestimmten Ausdehnungscoefficienten der Dreifussschrauben aus Platiniridium

$$\alpha' = +\,0{,}000\,008\,597\,6\,;\quad \beta' = 0{,}000\,000\,001\,663,$$

der Wellenlänge des benutzten Natriumlichtes:

$$\frac{\lambda}{2} = 0{,}000\,294\,648\,5 \text{ mm}$$

und den obigen Bestimmungen der Längen des Quarzstückes und der Schrauben

$$E_0 = 14{,}765, \quad L_0 = 14{,}802 \text{ mm},$$

und schliesslich der relativen Coefficienten y und z lassen sich die Ausdehnungscoefficienten des geschmolzenen Quarzes nach den Formeln

$$\alpha = \frac{L_0\alpha' - y\,\frac{\lambda}{2}}{E_0}, \quad \beta = \frac{L_0\beta' - z\,\frac{\lambda}{2}}{E_0}$$

berechnen.[1]

Man erhält auf diese Weise folgenden Ausdruck für die lineare Ausdehnung des geschmolzenen Quarzes:

$$L_t = L_0\,(1 + 0{,}000\,000\,384\,741\,t + 0{,}000\,000\,001\,150\,t^2)$$

---

[1] Siehe Trav. et Mém. Bd. VI. p. 112.

Obige Formel gilt streng genommen nur für das Temperaturintervall (0° — 83°). Extrapoliert man aber nach diesem Ausdruck zur Vergleichung mit Lechateliers Resultaten, so findet man für die entsprechenden Temperaturen die mittleren mit 10^8 multiplicirten Coefficienten:

(0°.180°)	(0°.532°)	(0°.588°)	(0°.700°)	(0°.750°)	(0°.850°)
59	100	106	119	125	136

Diese Werte stimmen der Grössenordnung nach befriedigend mit Herrn Lechateliers Beobachtungen.

Die sehr geringe Ausdehnung des geschmolzenen Quarzes, sowie die grosse Festigkeit desselben und das gänzliche Fehlen von elastischen und thermischen Nachwirkungen bei gewöhnlicher Temperatur empfehlen den geschmolzenen Quarz zu thermometrischen Zwecken und besonders zur Verfertigung von Gasthermometergefässen. Allerdings bietet die Bearbeitung der erst bei hoher Temperatur flüssigwerdenden Masse beträchliche Schwierigkeiten, doch sind von Zeiss in Jena schon Quarzplatten von nahezu einem Centimeter Dicke im elektrischen Ofen erhalten worden, und es lassen sich auch von der Verwendung des Acetylens mit Sauerstoff neue Fortschritte erwarten.

Nach einem nicht veröffentlichten Versuch von Dr. Villard in Paris soll der geschmolzene Quarz bei hoher Temperatur für Wasserstoff durchlässig sein. Wenn diese Durchlässigkeit auch geringer wäre, als die vom Platin, so würden doch die Vorteile der Verwendung des Quarzes als thermometrisches Gefäss dadurch sehr vermindert.

Um die erwähnte Durchlässigkeit zu prüfen, habe ich folgende Versuche angestellt, welche die Beobachtung von Dr. Villard bestätigen.

Eine Quarzröhre von circa 0,5 mm Wandstärke wurde an einem Ende zu einer feinen Spitze ausgezogen und zugeschmolzen. Das andere Ende wurde mittelst Kitt mit Quecksilberverschluss an eine Kahlbaum'sche Quecksilberpumpe angeschlossen und möglichst weit evacuiert. Nach Einstellung der Pumpe beobachtete man mit Hilfe des Mac Leod Volummeters die regelmässig stattfindende langsame Zunahme des Druckes im ganzen Apparat. Dann wurde die Quarzspitze in den heissesten Teil eines Bunsen'schen Brenners gebracht und somit glühend von dem in der Flamme reichlich vorhandenen Wasserstoff umgeben. Die Zunahme des Druckes wurde dann etwas stärker befunden. Bei fortgesetzter Erhitzung bemerkte ich, dass das Quarzrohr, welches anfangs kaum sichtbar war, nach und nach zu leuchten anfing und schliesslich wie ein Metallrohr glühte.

Es zeigte sich nach der Abkühlung im Innern der Röhre ein schwarzer Überzug, vermutlich aus reduziertem Silicium bestehend, von dem das Licht herrührt. Ein zweiter Versuch, der unter denselben Bedingungen, aber mit einem neuen Quarzrohr ausgeführt wurde, ergab ein ähnliches Resultat; dagegen bemerkte ich keine Schwärzung in einem Quarzrohr, welches luftleergepumpt und an beiden Enden zugeschmolzen war.

Wenn die obigen Versuche als eine Bestätigung der Beobachtung von Dr. Villard betrachtet werden können, so erlauben sie doch keine genaue Messung der Menge des durch die Wände hindurch gedrungenen Gases. Ich suchte daher das diffundierte Gas auf andere Weise sichtbar zu machen und in einem kleineren Raum aufzufangen. Dies gelang auf folgendem Wege:

Es wurde ein U förmiges Rohr aus Quarz verfertigt, dessen langer Schenkel circa 12 cm hatte und in eine 5 cm lange Spitze auslief. Der kurze Schenkel wurde mit einer kleinen Kugel versehen und trug ebenfalls ein Capillarrohr. Fig. 2.

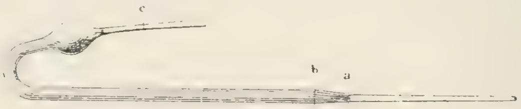


Fig 2

Das ganze Rohr wird nun im Vacuum mit Quecksilber gefüllt und wie ein gewöhnlicher Manometer ausgekocht. Man schafft etwas Quecksilber aus der Kugel und schmilzt das Rohr in *c* ab mit dem Knallgasgebläse. Wird die gefüllte Röhre flach gelegt, so tritt infolge der Capillarität das Quecksilber aus dem engen Rohr der Spitze und stellt sich etwa in *a* ein. Erhitzt man die Spitze mit dem Bunsenbrenner, so sieht man bald ein Zurückweichen des Meniskus, das sich nur durch die Einführung von Gas in den abgeschlossenen Raum erklären lässt. Wenn die Flamme entfernt wird, so bleibt der Meniscus etwa in *b* stehen und erfährt nach jeder Erhitzung eine neue Verschiebung.

Die Analogie dieses Verhaltens des geschmolzenen Quarzes mit demjenigen des Platins, welches bekanntlich von Dr. Villard in sinnreicher Weise zur Regulierung des Druckes in den Crookeschen Ampullen verwendet wird, hat mich veranlasst, das durch Diffusion eingedrungene Gas auf demselben Wege wieder zu entfernen. Es genügt hierzu, das Rohr in einer wasserstoffreien Atmosphäre zu erhitzen. Das Quarzrohr wird zu diesem Zwecke mit einem weiten, an beiden Enden offenen Platinrohr umgeben. Beim Erhitzen hat man darauf zu achten, dass die Flammengase nicht in das Rohr eindringen, und dass Quarz und Platin sich nirgends berühren, da das Platin vom Quarz angegriffen wird.

Es dringen wohl durch Diffusion Spuren von Wasserstoff in den inneren Raum, dort verbrennen sie aber beim Zutritt der Luft und kommen nicht mit dem Quarzrohr in Berührung. Nach mehrstündiger Erhitzung kann auf diese Weise das hineindiffundierte Gas durch den umgekehrten Prozess wieder herausgeschafft werden.

Was die Durchlässigkeit des geschmolzenen Quarzes betrifft, so lassen sich nur annähernde Angaben aus den Versuchen ableiten, weil die Dicke der Quarzwand nicht gleichmässig ist und die erhitzte Oberfläche nicht genau bestimmt werden kann. Es sollen daher die nachstehenden Zahlen nur zur Bestimmung der Grössenordnung der Durchlässigkeit dienen:

Länge des erhitzten Rohrteiles	15	mm
Äusserer Durchmesser des Rohres	1	mm
Dicke der Wandungen	0,2	mm

Die nach sechsstündigem Erhitzen durchgelassene Gasmenge betrug zirka 35 Kubikmillimeter bei 10 mm Quecksilberdruck.

Aus dem Vorhergesagten ist mit grosser Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass das diffundierte Gas Wasserstoff ist.

Bestimmung des spezifischen Gewichtes des geschmolzenen Quarzes.

Nach den früheren Angaben[1]) von Rose und Deville ist die Dichte der aus Silicaten bereiteten amorphen Kieselsäure und des geschmolzenen Quarzes = 2,2.

Eine neue Bestimmung dieser Konstante, welche ich an einem selbst bereiteten Stäbchen geschmolzenen Quarzes ausführte, ergab 2.192; doch ist dieser Wert jedenfalls etwas zu klein, da das Stück leicht sichtbare Bläschen enthielt.

---

[1]) Landolt und Börnstein. Physik. Tabellen. S. 140.

Durch die grosse Freundlichkeit der Firma Zeiss in Jena wurde es mir möglich, über eine vollkommen klare Linse aus geschmolzenem Quarz zu verfügen. Diese lieferte folgende Resultate:

Masse des Quarzstückes	13 g 404, 6 mg
Volum bei 0°	6 ml 0885
Spez. Gewicht bei 0°	2,2016

Umwandlungstemperatur.

Über die Umwandlung des krystallinischen Quarzes in den geschmolzenen Zustand liegen nur unvollständige Beobachtungen vor. Sowohl die optischen Eigenschaften als die Ausdehnung und das spez. Gewicht der beiden Modifikationen der Kieselsäure lassen vermuten, dass der Übergang kein stetiger ist. Beim Erwärmen von krystallinischem Quarz zerspringen grössere Stücke bei der Rotglut. Doch kann man bei vorsichtiger Erwärmung kleinere Quarzplatten auf viel höhere Temperaturen erhitzen, ohne dass sie zerfallen oder die Krystallstruktur verlieren.

Eine 8 mm dicke Quarzplatte, welche in polarisiertem Licht verschiedene Makel zeigte, wurde in einem Ofen der Porzellanfabrik in Sèvres längere Zeit auf 1300° erhitzt. Sie zerfiel dabei in grössere Stücke, welche optisch untersucht, genau dieselbe Struktur zeigten wie zuvor. Die vor dem Zerfallen beobachteten scharfen Ränder der Platte blieben ebenfalls unverändert.

Die Herren Mallard und Lechatelier,¹) welche die optischen Eigenschaften des Quarzes bei höheren Temperaturen untersuchten, fanden, dass dieselben bei 570° eine plötzliche Änderung erleiden, unterhalb und oberhalb dieser Temperatur aber nur stetige Änderungen

---

¹) Annales de Chim. et de Phys. 7me S. t. VI. 92; 1895.

zeigen. Der kritische Punkt bei 570° wurde sowohl bei steigender als bei sinkender Temperatur beobachtet und scheint durch die Entwickelung von starken Spannungen bedingt, welche sich durch das erwähnte Zerspringen der grösseren Quarzstücke in der Rotglut kundgeben.

Die eigentliche Umwandlung muss nach dem Vorhergehenden bei einer höher als 1300° liegenden Temperatur stattfinden. Wenn man am Knallgasgebläse das Schmelzen von kleineren Quarzkrystallen beobachtet, so sieht man in der That erst im Augenblick, wo die scharfen Kanten in der Weissglut zu schmelzen anfangen, dass eine Zersplitterung der ganzen Masse eintritt, wodurch dieselbe undurchsichtig wird. Grössere Stücke, welche durch eine oberflächliche geschmolzene Quarzschicht nicht zusammengehalten werden, zerfallen bei dieser Temperatur, die offenbar der Umwandlung entspricht.

Man darf sich also nicht der Hoffnung hingeben, grössere krystallinische Quarzplatten ohne Zersplitterung in die amorphe Modifikation umwandeln zu können.

Basel, September 1902.

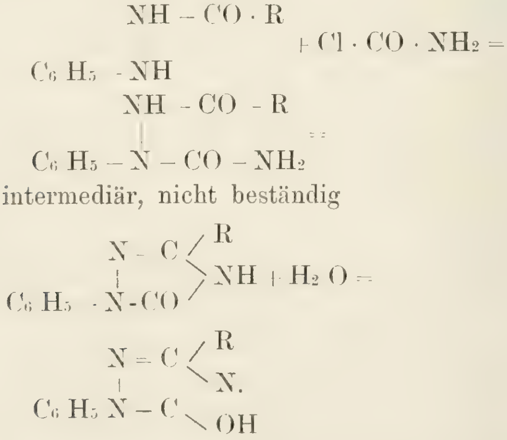
Über die Synthese von Phenyloxytriazolen und über „sterische" und „chemische" Hinderung.

Von

Hans Rupe.

(Bearbeitet mit Herrn G. Metz.)

Vor drei Jahren haben *Rupe und Labhardt*[1]) eine neue Synthese von *Phenyloxytriazolen* beschrieben. Sie erhielten bei der Einwirkung von *Harnstoffchlorid* (Carbaminsäurechlorid) auf *β-Acidylphenylhydrazine* nicht, wie erwartet werden konnte, das noch unbekannte β-Phenylsemicarbazid, sondern, indem die Reaktion sogleich unter Wasserabspaltung und Ringschluss weiter geht, Phenyloxytriazole:

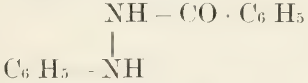


intermediär, nicht beständig

---

[1]) Rupe und Labhardt, Ber. der deutsch. chem. Ges. *33*. 233 (1900).

Diese ganz allgemeine Methode versagte indessen als für R ein *rein aromatischer* Rest angewandt, d. h. als β-Benzoylphenylhydrazin



$$\begin{array}{l} \qquad\quad NH - CO \cdot C_6H_5 \\ \qquad\quad | \\ C_6H_5 - NH \end{array}$$

mit Harnstoffchlorid in Reaktion gebracht wurde. In diesem Falle entstand *keine Spur* eines *Diphenyloxytriazols*, ja das Carbaminsäurechlorid reagierte überhaupt nicht mit dem Benzoylphenylhydrazin. *Rupe und Labhardt* stellten es damals als sehr wahrscheinlich hin, dass hier ein Fall von „*sterischer Hinderung*“ vorliege, indem sie annahmen, dass der Benzolrest infolge seiner Raumerfüllung eine Wasserabspaltung, beziehungsweise ein Herantreten der Amidgruppe an das Carbonyl der Benzoesäure unmöglich mache.

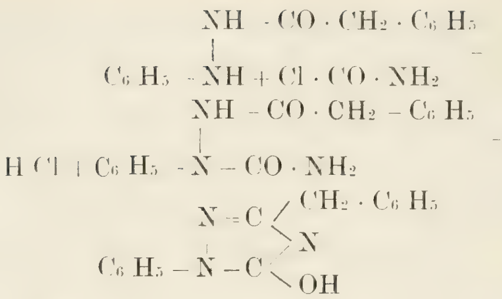
Seit vor etwa 8 oder 10 Jahren der Begriff der sterischen Hinderung durch *Kehrmann*[1]), *V. Meyer*[2]), *Pinner*[3]) und andere in die organische Chemie eingeführt worden ist, sind viele Fälle, bei denen eine chemische Reaktion ausblieb oder nicht normal verlief, bei sonst als reaktionsfähig bekannten Atomgruppierungen, damit erklärt worden. Auch die oben gebrachte Anschauung von *Rupe und Labhardt* schien darin eine Stütze zu finden, dass die Reaktion, also die Ringschliessung zu einem Oxytriazolderivat, bei dem *β-Phenylacetylphenylhydrazin* sich glatt vollzog, weil nun der raumerfüllende, sterisch hindernde Benzolkern durch das Dazwischentreten einer Alkylgruppe in grössere Entfernung gerückt wurde:

---

[1]) Kehrmann, Ber. der deutsch. chem. Ges. *23*. 130 (1890).

[2]) V. Meyer, Ber. der deutsch. chem. Ges. *27*. 510, 1580 u. 3146 (1894); *28*. 182, 1254, 2773, 3197; *29*, 1357.

[3]) Pinner, Ber. der deutsch. chem. Ges. *23*, 2917 (1890).



Es schien mir aber doch von Interesse zu sein, diese Erscheinungen weiter zu verfolgen und sicher festzustellen, ob es sich hier wirklich um eine räumliche Hinderung handelt. Denn es kann nicht verschwiegen werden, dass in letzter Zeit von dem Begriffe der „sterischen Hinderung“ eine etwas zu weitgehende Anwendung gemacht wurde, hat doch auch *E. Fischer*[1]) vor kurzem auf diese Thatsache hingewiesen. Dies wichtige Gebiet der Stereochemie mit seinen natürlichen Grenzen zu umgeben, muss jetzt die Aufgabe aller derjenigen sein, die sich mit solchen Dingen beschäftigen.

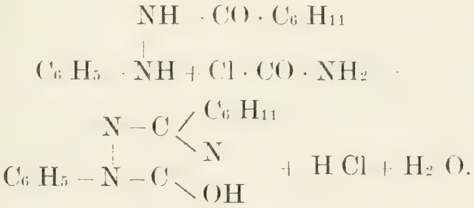
Diese Betrachtungen waren es, welche zu der vorliegenden Untersuchung geführt haben. Sie wurde von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus in Angriff genommen. Erstens galt es festzustellen, ob auch bei Anwesenheit eines *vollkommen hydrierten Benzolrestes* die Reaktion mit Harnstoffchlorid und die Bildung eines Oxytriazolringes ausbleibe. Es wurde zu diesem Zwecke das noch unbekannte Phenylhydrazid der Hexahydrobenzoesäure mit Harnstoffchlorid in Wechselwirkung gebracht. Nach Analogie hätte man erwarten dürfen, dass sich das Hexahydrobenzoylderivat genau so wie das Benzoylderivat selbst verhalten würde. Denn während bekanntlich die rein aromatischen Ketone ar. – CO – ar.

---

[1]) E. Fischer, Ber. der deutsch. chem. Ges. *35*, 845 (1902).

zwei stereoisomere Oxime (syn- und anti-Form) liefern, hat man von rein aliphatischen aliph. — CO — aliph. und gemischt aromatisch-aliphatischen: ar. — CO — aliph. Ketonen immer nur 1 Oxim erhalten können.

V. Meyer und Scharvin[1]) machten nun die interessante Entdeckung, dass, wenn der zweite Benzolkern vollkommen hydriert ist, also beim *Hexahydrobenzophenon* $C_6H_5 - CO - C_6H_{11}$, ebenfalls 2 Oxime sich bilden, dies Keton verhält sich also genau wie das Benzophenon $C_6H_5 - CO - C_6H_5$, und im vergangenen Sommer hat *Scharvin*[2]) die gleiche Beobachtung bei dem *Tetrahydronaphtyl-phenylketon* $C_6H_5 - CO - C_{10}H_{11}$ gemacht. Es hat mich aus diesem Grunde einigermassen überrascht, dass im *Hexahydrobenzoyl-Phenylhydrazin* der hydrierte Benzolrest sich genau so wie eine rein *aliphatische* Gruppe verhielt, denn es entstand mit Harnstoffchlorid glatt das *1-Phenyl-3-hexahydrophenyl-5-oxytriazol*:

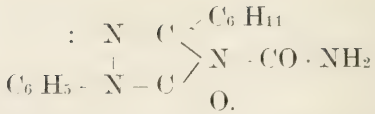


Aber die Analogie mit den aliphatischen Säureresten geht noch weiter; gerade so wie bei dem von *Rupe und Labhardt* untersuchten *β-Formyl, — β-Acetyl — und β-Propionyl-Phenylhydrazin* bildet sich auch bei Anwendung von β-Hexahydrobenzoylphenylhydrazin zunächst ein *Derivat des Oxytriazols* mit der Gruppe $- CO \cdot NH_2$:

---

[1]) V. Meyer und Scharvin, Ber. der deutsch. chem. Ges. *30*, 1940. 2862 (1897).

[2]) Scharvin, Ber. der deutsch. chem. Ges. *35*, 2511 (1902).



aus welchem leicht durch Behandeln mit Alkalien der Harnstoffrest entfernt werden kann.

Daraus, dass sich der Rest der Hexahydrobenzoesäure bei dieser Reaktion gerade so wie derjenige einer rein aliphatischen Säure verhält, muss der Schluss gezogen werden, dass das entgegengesetzte Verhalten des Benzoylphenylhydrazins, welches mit Harnstoffchlorid keinen Ring liefert, nicht auf *sterische* Hinderung zurückzuführen ist. Denn es ist zweifellos, dass die Raumerfüllung des Benzoyl- und des Hexahydrobenzoyl-Restes annähernd die gleiche ist, beides sind, und das ist hier das wesentlichste, Ringe. Der ganze bedeutende Unterschied zwischen den beiden Phenylhydrazinderivaten ist lediglich auf die grosse *chemische Verschiedenheit* der beiden Säureradikale zurückzuführen. Die Benzoesäure wird durch die Hydrierung in ihrem chemischen Charakter tiefgreifend verändert, die Hexahydrobenzoesäure steht einer aliphatischen Säure mit gleich viel Kohlenstoffatomen viel näher, sie hat nichts mehr von dem spezifisch „aromatischen“ Charakter der Benzoesäure, sie ist mithin ein viel mehr positives System und von weit höherem Sättigungszustand wie diese¹). Wird aber der negative Charakter der Benzoylgruppe durch Dazwischentreten eines positiven Alkylrestes abgeschwächt, so kann die Reaktion, d. h. die Ringbildung wieder sich vollziehen, wie das in der That bei dem *Phenylhydrazide* der *Phenylessigsäure* von mir schon früher beobachtet wurde. Ein weiterer Beweis für die Ansicht, dass es

---

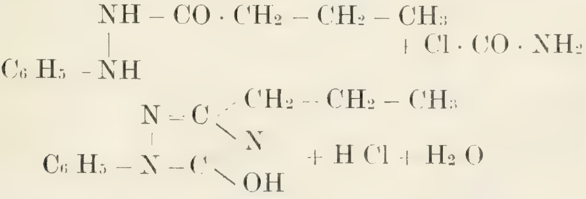
¹) Eine plausible Erklärung für die Erscheinung, dass nur rein aromatische Ketone 2 stereoisomere Oxime geben, ist wohl noch nicht gefunden worden.

nicht die Raumerfüllung des Ringes ist, welche im Falle der Phenyloxytriazolsynthese mit Aryl-Phenylhydrazinen die Reaktion hemmt, bildet der zweite Teil der vorliegenden Arbeit.

Es handelte sich nämlich in zweiter Linie darum: zu untersuchen, in welcher Weise diese Oxytriazolsynthese durch eine in der Nähe des *(β-acidyl)* Carbonyls befindliche *Doppelbindung* beeinflusst wird. Haben wir es doch, wie zahlreiche Arbeiten der letzten Jahre zeigten, bei einem durch Doppelbindung verknüpften Komplexe von 2 Kohlenstoffatomen mit einem ausgeprägt negativen Systeme zu thun: $-C=\underset{|}{C}-$.

Thatsächlich wird nun auch durch die Anwesenheit einer solchen Doppelbindung die Bildung der Phenyloxytriazole ganz bedeutend gehemmt, ja sogar unter Umständen ganz unmöglich gemacht. Zur Verwendung gelangten die *Phenylhydrazide* der *Crotonsäure* und der *Zimmtsäure;* um den Verlauf der Synthese quantitativ verfolgen zu können, musste dieselbe auch mit den Phenylhydraziden der entsprechenden gesättigten Säuren, also mit denjenigen der *n-Buttersäure* und der *Hydrozimmtsäure* ausgeführt werden.

Während mit *n-Butyryl-Phenylhydrazin* und *Harnstoffchlorid* sich das *1-Phenyl-3-propyl-5-oxytriazol* leicht bildet:

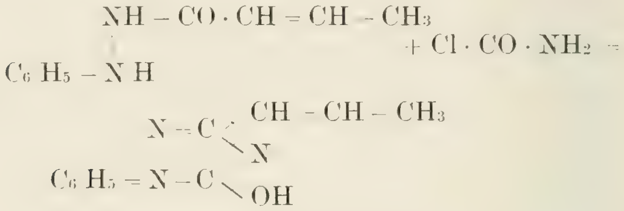


$$\begin{array}{l} NH - CO \cdot CH_2 - CH_2 - CH_3 \\ | \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad + Cl \cdot CO \cdot NH_2 \\ C_6H_5 - NH \end{array}$$

$$\begin{array}{l} N = C \diagup CH_2 - CH_2 - CH_3 \\ | \qquad\quad \diagdown N \\ C_6H_5 - N - C \diagdown OH \end{array} + HCl + H_2O$$

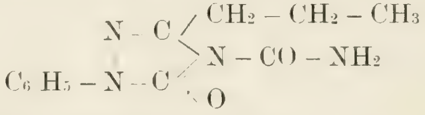
1-Phenyl-3-propyl-5-oxytriazol

erhält man bei der Einwirkung von *Carbaminsäurechlorid* auf *β-Crotonyl-Phenylhydrazin* unter sonst ganz gleichen Bedingungen nur etwa ein Viertel der Ausbeute an Oxytriazol im Vergleiche mit derjenigen des Propylderivates:



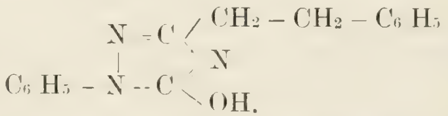
1-Phenyl-3-propenyl-5-oxytriazol

Ferner entsteht bei der Bildung des Propylderivates ebenso wie bei der Synthese der übrigen mit aliphatischer Seitenkette zuerst ein Harnstoff-Derivat:

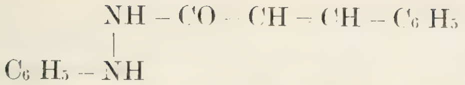


bei dem Propenyl-phenyloxytriazol dagegen, wohl wegen der ausgeprägt sauren Eigenschaften der ungesättigten Seitenkette, kein solches.

Lässt man auf *β-Hydrocinnamyl-Phenylhydrazin Harnstoffchlorid* einwirken, so bildet sich, allerdings in nicht ganz befriedigender Ausbeute, was auch auf die Anwesenheit des negativen, ungesättigten Benzolrestes zurückzuführen ist, das *1-Phenyl-3-phenylaethyl-5-oxytriazol:*



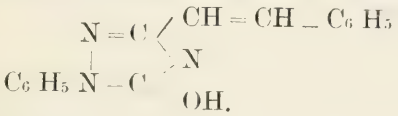
Versucht man aber, unter gleichen Bedingungen (in Benzollösung) *Harnstoffchlorid* und *β-Cinnamyl-Phenylhydrazin*:



$$\begin{array}{ll} & NH-CO-CH=CH-C_6H_5 \\ & | \\ C_6H_5- & NH \end{array}$$

auf einander einwirken zu lassen, so erhält man *kein* Oxytriazol, sondern das Ausgangsmaterial wird so gut wie vollständig zurückgewonnen.

Auch unter veränderten Versuchsbedingungen, bei höherer Temperatur (in Toluollösung), konnte das gesuchte *1-Phenyl-3-phenylaethylen-5-oxytriazol:*

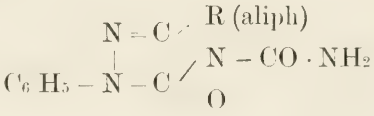


nicht dargestellt werden.

Man sieht, wie sich hier der negative, reaktionshemmende Einfluss der Doppelbindung in weit bedeutenderem Maasse bemerkbar macht, als bei einer rein aliphatischen ungesättigten Seitenkette. Die Wirkungen der Gruppen $-CH=CH-$ und $-C_6H_5-$ addieren sich, so dass, trotz der grösseren Entfernung des Benzolkernes, das Ergebnis dasselbe ist, als wenn dieser unmittelbar mit dem Phenylhydrazin verbunden wäre.

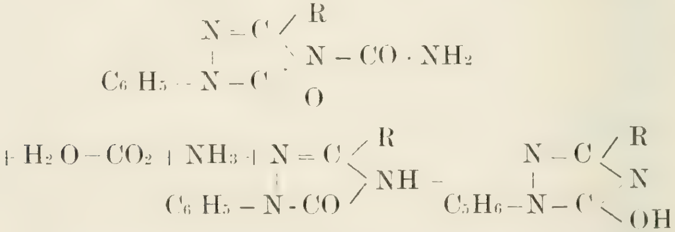
Alle diese Reaktionen zeigen, dass wir es hier mit einer chemischen Umsetzung zu thun haben, die durch *negative* oder *ungesättigte* Atomgruppen stark gehemmt, ja sogar unter Umständen vollständig unmöglich gemacht wird, der *Phenylrest* muss hiebei, ganz im Sinne unserer modernen Anschauungen, ebenfalls als ungesättigtes Radikal betrachtet werden. Dagegen spielen sterische Einflüsse hier keine Rolle. Unzweifelhaft sterische Hinderung ist bei der Hemmung einer Reaktion nur dann anzunehmen, wenn diese durch positive und durch negative Gruppen in gleicher Weise herbeigeführt wird. Es würde vielleicht angebracht sein, für jene, nicht auf sterischer Hinderung beruhende Hemmung eine Bezeichnung einzuführen, ich schlage dafür „*chemische Hinderung*“ vor.

Was die oben erwähnten *primären Einwirkungsprodukte* von *Harnstoffchlorid* auf die *Phenylhydrazide* gesättigter aliphatischer Säuren und der Hexahydrobenzoesäure betrifft, so haben *Rupe und Labhardt* schon früher angenommen, dass solche Körper die Gruppe $-CO \cdot NH_2$ an *Stickstoff* gebunden haben, nach Art der *Harnstoffe*:

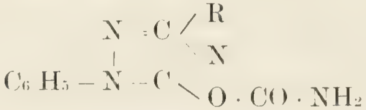


I

und dass erst nach der Abspaltung der Gruppe $-CO$ NH_2 (durch Hydrolyse) eine Umlagerung zum Oxytriazol stattfindet:



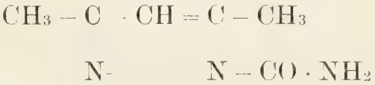
Indessen wäre natürlich auch die Entstehung von Verbindungen nach Art der *Urethane* möglich:



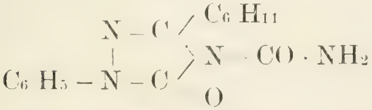
Die Untersuchung der Acetylderivate der Phenyloxytriazole — es wurden während der vorliegenden Arbeit dargestellt das Acetylprodukt des *Hexahydrophenyl-*, des

Phenylaethyl- und des *Propyl-phenyloxytriazols* — zeigte eine weitgehende Analogie im Verhalten dieser Acidyl- und jener Kohlensäure-Abkömmlinge; beide sind gleich unbeständig und leicht zersetzlich. Es würde mich dies zu der Ansicht geführt haben, dass beide Körperklassen Sauerstoffderivate seien, dass also die zweite, die Urethanformel, für die primären Einwirkungsprodukte von Harnstoffchlorid auf β-Acidyl-Phenylhydrazine (mit aliph. Säureresten) anzunehmen sei.

Nun hat jedoch vor kurzem *Posner*[1]) die interessante Beobachtung gemacht, dass bei der Umsetzung von *β-Diketonen* mit *Semicarbazid* Ringe entstehen, welche ebenfalls die Gruppe $-CO-NH_2$ enthalten, und zwar unzweifelhaft an Stickstoff gebunden:



3·5-Dimethyl-pyrazolcarbamid von Posner.



1-Phenyl-3-hexahydrophenyl-5-triazolon-4-carbonamid von Rupe und Metz.

Diese Carbonamide *Posner's* sind nun ebenfalls äusserst unbeständig und spalten die Gruppe $-CO\cdot NH_2$ sehr leicht ab, so dass also die grosse Labilität unserer Triazolon-Carbonamide nicht gegen die früher aufgestellte Konstitutionsformel I spricht. Mit aller Sicherheit lässt sich allerdings die Konstitution dieser labilen Verbindungen, die stets die Existenz zweier desmotropen Formen zulassen, vorläufig noch nicht bestimmen.

---

[1]) Posner, Ber. der deutsch. chem. Ges. *34*, 3973 (1901).

Experimenteller Teil.

Chlorid der Hexahydrobenzoesäure.

Das scharf getrocknete Natriumsalz der Hexahydrobenzoesäure[1]) wurde, in trockenem Benzol suspendiert, mit frisch über Caliumphospat destilliertem Phosphoroxychlorid versetzt (2 Mol. Gew. Natriumsalz, 1 Mol. Gew. Phosphoroxychlorid) und eine halbe Stunde unter Rückfluss gekocht. Die Lösung des Säurechlorides wurde vom Natriummetaphosphat abgezogen und der Rückstand mit Äther nachgewaschen.

β-Hexahydrobenzoyl-phenylhydrazin.

$C_6H_5 - NH - NH - CO - C_6H_{11}$

Die Lösung von 2 Mol. Gew. Phenylhydrazin in dem doppelten Volum Äther wurde in einem mit Rückflusskühler versehenen Kolben unter guter Kühlung vorsichtig mit der Lösung des Säurechlorides (1 Mol. Gew.) versetzt. Nach beendigter Reaktion wurde vom ausgefallenen salzsauren Phenylhydrazin scharf abgesogen und das Salz gut mit Äther nachgewaschen. Das ätherische Filtrat wurde nach dem Verdunsten des Lösungsmittels mit warmem Wasser durchgearbeitet, das fest gewordene Phenylhydrazid abfiltriert, mit Wasser ausgewaschen und schliesslich dreimal aus verdünntem Alkohol umkrystallisiert.

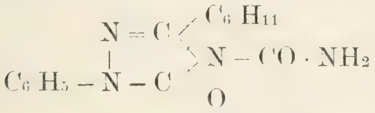
Der Körper bildet schöne weisse Prismen vom Schmpt. 164°.

0,1854 g. Sbst. 0,4861 g. CO_2 0,1410 g. H_2O
0,1802 g. Sbst. 0,4730 g. CO_2 0,1370 g. H_2O
$C_{13}H_{18}ON_3$ Ber. C 71,56 H 8,26
Gef. C 71,47 71,58 H 8,41 8,43

---

[1]) Die Säure wurde nach *Einhorn* und *Meyenberg* [Ber. der deutsch. chem. Ges. 27, 2833 (1894)] durch Reduktion von p-Aminobenzoesäure mit Natrium und Amylalkohol dargestellt und mehrfach unter vermindertem Druck destilliert.

1-Phenyl-3-hexahydrophenyl-5-triazolon-3-carbonamid.



20 g. β-Hexahydrobenzoylphenylhydrazin wurden in 800 g. Benzol (natriumtrocken) unter Erwärmen gelöst und nach dem Erkalten 17,5 g. Harnstoffchlorid (= 2 Mol. Gew. und ca. 20 % Überschuss) dazu gefügt. Das Gemenge erwärmt sich schon von selbst etwas, färbt sich schwach rot und stösst Salzsäuredämpfe aus. Es musste nun 2½ Stunden lang am Rückflusskühler gekocht werden.

Das Benzol wurde darauf unter vermindertem Druck abdestilliert, und der trockene weisse Rückstand mit Alkohol ausgekocht, dabei blieben 1,5 g. Salmiak ungelöst zurück. Aus dem alkoholischen Filtrate schieden sich nach dem Erkalten massenhaft weisse seidenglänzende lange Nadeln ab. Als diese mit verdünnter Natronlauge behandelt wurden, um unverändertes Phenylhydrazid von dem in Alkalien leicht löslichen Oxytriazol zu trennen, konnte eine kräftige Ammoniak-Entwicklung wahrgenommen werden, ebenso, beim Ansäuern der Lösung, wobei das Oxytriazol ausfiel, eine Kohlensäureentwicklung. Dieselbe Beobachtung wurde auch mit der aus der Mutterlauge von der ersten Krystallisation neben 1,3 g. Salmiak und weiteren Mengen unveränderten Phenylhydrazides gewonnenen Substanz gemacht.

Es musste hieraus der Schluss gezogen werden, dass das primäre Einwirkungsprodukt von Harnstoffchlorid auf das Phenylhydrazinderivat ein *Carbamid* ist, und es wurde nun bei einem zweiten Versuche so verfahren, dass das nach dem Abdestillieren des Benzols hinterbleibende Rohprodukt, das unterhalb 300° nicht schmolz, aus ganz absolutem Alkohol zweimal umkrystallisiert wurde. Die Substanz besass jetzt den Schmpt. 195°, gab aber bei der Analyse Zahlen, die nicht auf das erwartete Carbamid sondern auf das *Phenyl-hexahydrophenyl-oxytriazol* stimmten:

0,1273 g. Sbst. 0,3222 g. CO_2 0,0820 g. H_2O
0,1569 g. Sbst. 23,6 ccm. N (13°, 738,8 mm.)
$C_{14}H_{17}ON_3$ Ber. C 69,14 H 7,00 N 17,28
Oxytriazol Gef. C 69,02 H 7,14 N 17,23
$C_{15}H_{18}O_2N_4$ Ber. C 62,94 H 6,29 N 19,58
Carbamid

Da demnach auch trockener Alkohol schon das Carbamid vollständig zu spalten im Stande ist, wurde bei einem dritten Versuche wasserfreies Aceton zum Umkrystallisieren des nach dem Abdestillieren des Benzols verbleibenden Rohproduktes angewandt. Dies führte in der That zum Ziele, bei der ersten Krystallisation wurde eine Substanz erhalten, deren Schmpt. über 300° lag und welche, wie die Analyse zeigt, bereits reines *Carbamid* war.

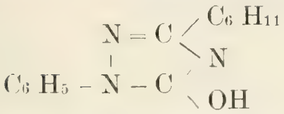
0,1371 g. Sbst. 0,3174 g. CO_2 0,0748 g. H_2O
$C_{15}H_{18}O_2N_4$ Ber. C 62,94 H 6,29
Gef. C 63,16 H 6,05

Der Körper bildet lange weisse, in warmem Alkohol, Aceton und Essigester leicht, in Benzol schwieriger lösliche Nadeln.

Schon beim zweiten Umkrystallisieren aus Aceton scheint das Carbamid, wie die Analyse ergab, sich etwas zu zersetzen, obgleich der Schmpt. nicht wesentlich herunterging.

0,1784 g. Sbst. 0,4156 g. CO_2 0,1040 g. H_2O
$C_{15}H_{18}O_2N_4$ Ber. C 62,94 H 6,29
Gef. C 63,50 H 6,44

1-Phenyl-3-hexahydrophenyl-5-oxytriazol.



Das rohe Carbamid löst sich leicht beim vorsichtigen Erwärmen in verdünnter Natronlauge, während das nicht in Reaktion getretene Phenylhydrazid zurückbleibt. Aus dem Filtrate fällt auf Zusatz einer Mineralsäure das Oxytriazol in Flocken aus. Bei einem quantitativ verfolgten Versuche wurden erhalten, ausgehend von 20 g. Hexahydrobenzoylphenylhydrazin:

Unverändertes Phenylhydrazid	7,6 g.	19,4 g.
Oxytriazol	11,8 g.	
Salmiak	2,8 g.	

Nach mehrmaligem Umkrystallisieren aus Essigester bildet das Oxytriazol haarfeine, weisse, sternförmig gelagerte Nädelchen; der Schmpt. liegt bei 196—197°.

0,1025 g. Sbst. 0,2598 g. CO_2 0,0665 g. H_2O

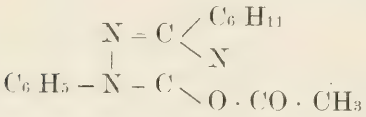
0,1285 g. Sbst. 19,4 ccm. N (14°, 744,6 mm.)

$C_{14}H_{17}ON_3$ Ber. C 69,14 H 7,00 N 17,28

Gef. C 69,07 H 7,20 N 17,38

Die Substanz löst sich sehr leicht in warmem Alkohol und Aceton, ziemlich leicht in kochendem Benzol und Essigester, schwer in heissem Wasser, Ligroïn und in Äther. Von verdünnter Natronlauge wird sie leicht aufgenommen, unvollständig dagegen und nur nach längerem Kochen von Sodalösung. In Ammoniak ist der Körper in der Kälte wenig löslich, wird aber nach längerem Erwärmen vollkommen davon gelöst. Eisenchlorid erzeugt in der alkoholischen Lösung keine Färbung.

Acetylverbindung des 1-Phenyl-3-hexahydrophenyl-5-oxytriazoles.

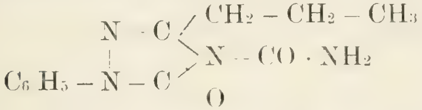


2 g. des Oxytriazoles wurden mit 2 g. Natriumacetat und einer zur Lösung eben genügenden Menge Essigsäureanhydrid dreiviertel Stunden lang gekocht. Als nach dem Erkalten mit Eiswasser geschüttelt wurde, schieden sich sogleich lange weisse Nadeln ab; rasch abgesogen, wurden sie mit Eiswasser gewaschen und nach dem Trocknen aus Alkohol umkrystallisiert. Das Acetylderivat bildet lange weisse, asbestartig verfilzte Nadeln; es schmilzt bei 107—108°.

0,1257 g. Sbst. 16,6 ccm. N (19°, 743,2 mm.)
$C_{16}H_{19}O_2N_3$ Ber. N 14,70 Gef. N 14,83

Die bis jetzt untersuchten Acetylderivate dieser Oxytriazole spalten alle mehr oder weniger leicht die Acetylgruppe — bereits beim Kochen mit Wasser — ab. Als $^1/_2$ g. der eben beschriebenen Substanz mit 200 ccm. Wasser gekocht wurde, war nach einer halben Stunde etwa die Hälfte gelöst, nach dem Filtrieren krystallisierte aus der abgekühlten Flüssigkeit das Oxytriazol vom Schmpt. 196° aus. Bis zur Verseifung des noch unveränderten Acetylproduktes musste noch mehr als eine Stunde gekocht werden, es kann deswegen das vorliegende als das am schwersten verseifbare der von uns dargestellten Acetyl-phenyloxytriazole bezeichnet werden, es hängt dies jedenfalls auch mit der geringeren Wasserlöslichkeit dieses Oxytriazols zusammen.

1-Phenyl-2-propyl-5-triazolon-4-carbonamid.



Das *n-Butyrylphenylhydrazin* ist zuerst von *Michaelis und Schmidt*[1]) aus Butyrylchlorid und Natrium-Phenylhydrazin dargestellt worden. Wir erhielten es durch Einwirkung von 2 Mol. Gew. Phenylhydrazin auf 1 Mol. in Äther gelöstes Buttersäureanhydrid. Perlmutterglänzende Schuppen vom Schmpt. 103—104°.

25 g. β-Butyrylphenylhydrazin wurden in Benzol mit etwas mehr als 2 Mol. Gew. Harnstoffchlorid $2^1/_2$ Stunden im Sieden gehalten. Nach dem Abdestillieren des Benzols unter vermindertem Druck wurde der Rückstand mit Alkohol ausgekocht, wobei 1,6 g. einer weissen Masse ungelöst blieben.

Die alkoholische Lösung gestand nach dem Erkalten zu einem dicken Brei weisser Krystallnadeln des Carbonamides, das Rohprodukt wog 11 g. Bei einem Versuche, den Körper aus verdünntem Alkohol umzukrystallisieren, wurde er vollständig in das Oxytriazol verwandelt, er schmolz bei 135°, wurde aber zum Überfluss noch analysiert:

0,1207 g. Sbst. 0,2863 g. CO_2 0,0672 g. H_2O

$C_{12}H_{14}N_4O_2$ Ber. C 58,54 H 5,69
Carbamid
$C_{11}H_{13}N_3O$ Ber. C 65,03 H 6,40
Oxytriazol Gef. C 64,71 H 6,20

Immerhin ist dies Carbamid nicht so leicht zersetzlich wie dasjenige des 1-Phenyl-3-hexahydrophenyl-5-oxytriazoles, da es durch Kochen mit absolutem Alkohol nicht verändert wurde. Die Substanz wurde nun aus trockenem Benzol zweimal umkrystallisiert, sie bildet in reinem Zustande weisse Nadeln oder Prismen vom Schmpt. 133°.

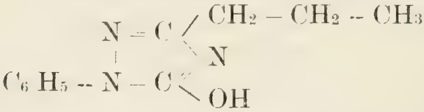
---

[1]) Michaelis u. Schmidt. Ann. d. Chem. *252*, 308 (1888).

0,1188 g. Sbst. 0,2559 g. CO_2 0,0625 g. H_2O
0,1272 g. Sbst. 25,2 ccm. N (16°, 746 mm.)
$C_{12}H_{14}O_2N_4$ Ber. C 58,54 H 5,69
Gef. C 58,75 H 5,84

Der Körper ist leicht löslich in heissem Alkohol, Benzol und Essigester.

1-Phenyl-3-propyl-5-oxytriazol.



Die alkoholische Mutterlauge des rohen Carbamides wurde mit verdünnter Natronlauge behandelt, dabei ging das Oxytriazol (4,2 g.) in Lösung, während etwas unverändertes Butyrylphenylhydrazin zurückblieb (0,2 g.). Nach dem Ansäuern der alkalischen Flüssigkeit (unter Abkühlung) fiel das Oxytriazol in Flocken aus. Leicht gewinnt man es auch aus dem Carbamid durch kurzes Erwärmen desselben mit verdünnter Natronlauge. Zweimal aus heissem Essigester umkrystallisiert, bildet es lange weisse Nadeln vom Schmpt. 146°.

0,1414 g. Sbst. 0,3376 g. CO_2 0,0831 g. H_2O
0,1520 g. Sbst. 27,4 cm. N (12°, 742 mm.)
$C_{11}H_{13}ON_3$ Ber. C 65,03 H 6,40 N 20,69
Gef. C 65,13 H 6,53 N 20,89

Die Verbindung löst sich leicht beim Erwärmen in Benzol, Alkohol, Ligroïn, Aceton und Essigester, ziemlich leicht in kochendem Wasser. In kaustischen Alkalien sehr leicht löslich, wird sie von kochender Sodalösung nur schwierig, von Ammoniak dagegen teilweise schon in der Kälte, vollständig beim Erwärmen aufgenommen. Die alkoholische Lösung wird von Eisenchlorid schwach orange gefärbt.

Der oben erwähnte, in Alkohol unlösliche ***Rückstand*** (aus dem Produkte der Einwirkung von Harnstoffchlorid auf Butyrylphenylhydrazin herrührend) konnte durch Umkrystallisieren aus heissem Wasser in glitzernden Kryställchen erhalten werden; die Substanz gab mit konzentrierter Natronlauge ein weisses Natriumsalz, mit sehr verdünnter ammoniakalischer Kupferlösung ein amethystfarbenes Kupfersalz [1]) und entwickelte beim Erhitzen stechend riechende Dämpfe von Cyansäure, sie war also unzweifelhaft ***Cyanursäure*** [2]).

Acetylderivat des 1-Phenyl-3-propyl-5-oxytriazoles.

Die Acetylierung wurde wie oben beschrieben ausgeführt. Auf Zusatz von Eiswasser fiel ein weisses, schweres Öl aus. Da es auch nach längerem Schütteln nicht fest wurde, wurde es abgesogen; beim Auswaschen mit Wasser erstarrte es auf dem Filter. Die Verbindung bildet nach dreimaligem Umkrystallisieren aus Alkohol glänzende, flache Prismen; sie zeigen den Schmpt. 84°.

---

[1]) Wöhler, Ann. d. Chem. u. Pharm. *62*, **241** (1848).

[2]) Ich kann in der Literatur nichts über die Bildung von *Cyanursäure* aus Harnstoffchlorid finden, doch zweifele ich nicht daran, dass die Säure aus diesem entstanden ist. Wenn auch angegeben wird, Harnstoffchlorid verwandle sich beim Aufbewahren unter Abspaltung von HCl zu *Cyamelid*, so widersprechen dem meine Beobachtungen. Ich liess Harnstoffchlorid stehen, bei Sommertemperatur wurde es sehr bald fest und krystallinisch, entwickelte dann etwa 24 Stunden lang Salzsäuredämpfe und bestand schliesslich fast ganz aus in Wasser löslicher *Cyanursäure*. Der Vorgang wäre also wie folgt zu formulieren: $3\,CO\,NH_2\,Cl = 3\,HCl + C_3\,N_3\,O_3\,H_3$, und diese Reaktion begleitet jedenfalls die Oxytriazolsynthese. Denn ich fand nur bei einem einzigen Versuche, mit dem Hexahydrobenzoylphenylhydrazin, *Salmiak*, sonst immer (und wie unten gezeigt wird, in oft recht erheblichen Mengen) *Cyanursäure*. Auffallend ist, dass *Rupe und Labhardt* seinerzeit niemals Cyanursäure, sondern immer Salmiak nachweisen konnten. Ferner muss bestritten werden, dass Cyanursäure leicht in Alkohol löslich ist (wie angegeben wird), nach meinen Beobachtungen ist gerade das Gegenteil der Fall.

0,1808 Sbst. 27,4 ccm. N (16°, 746 mm.)

$C_{13} H_{15} N_3 O_2$ Ber. N 17,14 Gef. N 17,32

Kocht man dieses Acetylderivat mit Wasser, so wird es nach 15 Minuten vollständig zum Oxytriazol verseift.

β-Crotonyl-Phenylhydrazin.

$C_6 H_5 \cdot NH - NH - CO \cdot CH = CH - CH_3$

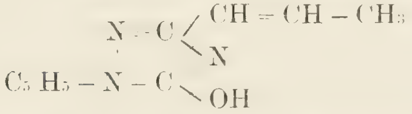
Die Crotonsäure wurde nach dem Phosphoroxychlorid-Verfahren in das Chlorid verwandelt, letzteres wurde in Substanz nicht isoliert, sondern sogleich in Ätherlösung mit Phenylhydrazin in Wechselwirkung gebracht.

Das *β-Crotonylphenylhydrazin* krystallisiert aus Essigester in glänzenden kleinen, bei 190° schmelzenden Blättchen oder Schuppen.

0,2360 g. Sbst. 33,6 ccm. N (16°, 737,5 mm.)

$C_{10} H_{12} O N_2$ Ber. N 15,91 Gef. N 16,09.

1-Phenyl-3-propenyl-5-oxytriazol.



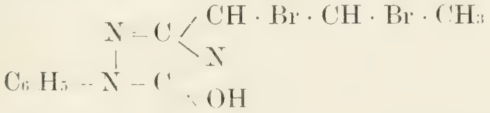
Die Einwirkung von Harnstoffchlorid auf β-Crotonylphenylhydrazin vollzieht sich wie in den schon beschriebenen Fällen; zur Lösung von 25 des Hydrazides sind 1½ Liter Benzol nötig. Das schwammige Reaktionsprodukt wurde mit Alkohol ausgekocht, etwas Cyanursäure blieb ungelöst zurück. Die Lösung enthielt kein Carbonamid, sondern, wie sich bei einer fraktionierten Krystallisation zeigte, neben unverändertem Ausgangsmaterial nur noch das neue Oxytriazol. Es wurde deswegen bei den folgenden Versuchen der Alkohol zur Hälfte abdestilliert und der Rückstand mit verdünnter Natronlauge durchgerührt. Aus der filtrierten Lösung fällte Salzsäure das Oxytriazol aus, das Rohprodukt wog 3,7 g., das in verdünnter Natronlauge unlösliche Crotonylphenylhydrazin (das nicht in Reaktion getreten war) 10,5 g. Was aus dem Reste des letzteren geworden ist, konnte nicht ermittelt werden.

Das aus Essigester mehrfach umkrystallisierte *1-Phenyl-3-propenyl-5-oxytriazol* bildet kleine glänzende, ganz schwach gelbliche Nädelchen. Schmpt. 188°.

0,1608 g. Sbst. 0,3882 g. CO_2 0,0786 g. H_2O
0,1887 g. Sbst. 35,2 ccm. N (18°, 744 mm.)
$C_{11}H_{11}N_3O$ Ber. C 65,68 H 5,47 N 20,89
Gef. C 65,84 H 5,43 N 21,07

Die Substanz ist leicht löslich in kaltem Alkohol und Aceton, in warmem Benzol und Essigester; ziemlich leicht löslich in kochendem Wasser, schwieriger in Ligroïn und in Äther. Von verdünnter Natronlauge wird sie sogleich gelöst, von Ammoniak, und ziemlich leicht auch von Sodalösung, erst beim Erwärmen. Ferrichlorid färbt die alkoholische Lösung kaum merklich an.

1-Phenyl-3-$\alpha\beta$-dibrompropyl-5-oxytriazol.

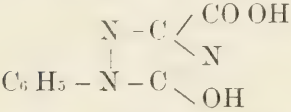


Lässt man zu einer Lösung von 2 g. des oben beschriebenen Oxytriazols in 25 ccm. Chloroform 0,5 g. Brom (1 Mol. Gew.) ebenfalls in Chloroform gelöst, langsam zutröpfeln, so geht die Entfärbung des Broms im zerstreuten Lichte äusserst langsam vor sich, im Sonnenlichte dagegen fast augenblicklich. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels bleibt das Bromadditionsprodukt als krystallinische Masse zurück, man reinigt es durch dreimaliges Umkrystallisieren aus Essigester. Es stellt mikroskopisch kleine, glitzernde, ganz schwach gelblich gefärbte Prismen vor, deren Schmelzpunkt bei 128° liegt.

0,1544 g. Sbst. 0,1601 Ag Br
$C_{11}H_{11}ON_3Br_2$ Ber. Br 44,32 Gef. Br 44,11

Das Dibromid wird von den meisten organischen Lösungsmitteln leicht aufgenommen. Dagegen ist es unlöslich in Natronlauge.

1-Phenyl-5-oxytriazol-3-carbonsäure.



2 g. des Propenylphenyloxytriazols wurden in Sodalösung bei Wasserbadtemperatur nach und nach mit 150 ccm. Kaliumpermanganatlösung (4-prozentig) oxydiert; das Filtrat vom Manganschlamm wurde zur Krystallisation eingedampft, angesäuert und mit Äther extrahiert. Der nach dem Verjagen des Äthers gebliebene Rückstand wurde aus Essigester umkrystallisiert. Die Säure zeigte den von *Rupe und Labhardt*[1]) angegebenen Schmpt. von 179—180°. *Andreocci*[2]), der sie zuerst darstellte, fand den Schmpt. 166—167°.

---

[1]) Rupe und Labhardt l. c.

[2]) Andreocci, Gazz. chim. *19*. 448. Berichte d. deutsch. chem. Ges. *20*, Ref. 737 (1887).

β-Hydrocinnamyl-Phenylhydrazin.

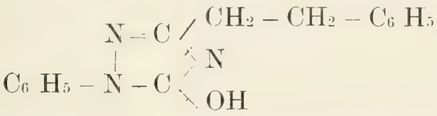
$C_6H_5-NH-NH-CO-CH_2-CH_2-C_6H_5$

Hydrozimmtsäurechlorid wurde durch Einwirkung von Phosphortrichlorid auf Hydrozimmtsäure in Ligroïn gewonnen.

Das wie gewöhnlich dargestellte *Phenylhydrazid* krystallisiert aus verdünntem Alkohol in schönen weissen Nädelchen und schmilzt bei 116—117°.

0, 1420 g. Sbst. 0,3911 g. CO_2 0,0867 g. H_2O
$C_{15}H_{16}ON_2$ Ber. C 75,00 H 6,67
Gef. C 75,11 H 6,78

1-Phenyl-3-phenylaethyl-5-oxytriazol.



15 g. Hydrocinnamylphenylhydrazin brauchen zur Lösung 1 Liter trockenen Benzols. Die Reaktion mit Harnstoffchlorid nimmt etwa 2 Stunden in Anspruch. Nach dem Abdestillieren des Benzols unter vermindertem Druck hinterbleibt eine hellbraune, schmierige, dicke Masse; kochender Alkohol löste das Meiste, bis auf 1,7 g. *Cyanursäure.* Da es sich darum handelte, sicher festzustellen, ob auch in diesem Falle kein Carbamid als erstes Produkt der Reaktion entsteht, weil *Rupe und Labhardt* auch bei der Darstellung des *Phenacetylphenyloxytriazoles* kein solches auffinden konnten, wurden die im Alkohol gelösten Substanzen einer genauen fraktionierten Krystallisation unterworfen. Es konnte jedoch kein Carbamid nachgewiesen werden. Die einzelnen Krystallfraktionen, sowie die letzten Mutterlaugen, wurden nun mit kalter verdünnter Natronlauge behandelt, vom

ungelösten Hydrozimmtsäure-Phenylhydrazid wurde abfiltriert, und die aus den vereinigten alkalischen Filtraten gewonnene Flüssigkeit unter Eiskühlung mit Salzsäure versetzt. Die ausgefällte Substanz löste sich noch nicht vollkommen in verdünnter Natronlauge, sie musste deswegen noch einmal damit von unangegriffenem Phenylhydrazid getrennt werden.

Aus 15 g. Hydrocinnamylphenylhydrazin wurden erhalten:

Oxytriazol	5,6 g.
Nicht in Reaktion getretenes Ausgangsmaterial	8,5 g.
Zu Versuchen verbraucht	0,7 g.
	14,8 g.

Bei einem zweiten Versuche wurden 5,8 g. Oxytriazol und 9 g. unverändertes Phenylhydrazid erhalten (neben 2 g. Cyanursäure).

Das *1-Phenyl-3-phenylaethyl-3-oxytriazol* bildet, aus verdünntem Alkohol krystallisiert, sehr kleine, schwach gelbliche Nädelchen. Schmpt. 182—183°.

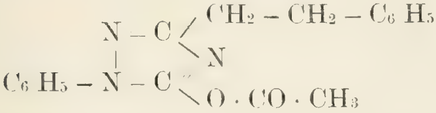
0,1849 g. Sbst. 0,4905 g. CO_2 0,0965 g. H_2O
0,1794 g. Sbst. 0,4765 g. CO_2 0,0970 g. H_2O
0,1910 g. Sbst. 25,2 ccm. N (7°, 759 mm.)
0,1937 g. Sbst. 24,4 ccm. N (7°, 759 mm.)

$C_{16}H_{15}ON_3$ Ber. C 72,45 H 5,66 N 15,85
Gef. C 72,34 72,40 H 5,78 5,96 N 15,97 15,87

Der Körper löst sich leicht in heissem Alkohol, schwieriger in heissem Wasser und kochendem Benzol, schwer in kaltem Wasser und in Ligroïn. In Ammoniak ist er schon in der Kälte beträchtlich löslich, leicht und vollständig beim Erwärmen.

Eisenchlorid färbt eine alkoholische Lösung dieses Oxytriazols tief rotorange.

Acetylverbindung des 1-Phenyl-3-phenylaethyl-5-oxytriazoles.



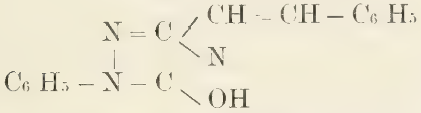
Die Acetylierung wurde wie bei den früher beschriebenen Fällen vorgenommen, das Derivat scheidet sich erst nach längerem Schütteln mit Eiswasser ölig ab, fest kam es erst aus einer alkoholischen Lösung heraus. In reinem Zustande bildet es lange, glänzende, asbestartig zäh an einander haftende Nadeln. Schmpt. 109°.

0,1116 g. Sbst. 13,5 ccm. N (15°, 740 mm)

$C_{18} H_{17} O_2 N_3$ Ber. N 13,68 Gef. N 13,79.

Durch kochendes Wasser wird dies Acetylderivat in 25 Minuten vollkommen gelöst und verseift, es steht also, was seine Beständigkeit betrifft, zwischen den Acetylverbindungen des Hexahydro- und des Propyl-phenyloxytriazoles.

Versuche zur Darstellung des 1-Phenyl-3-phenylaethylen-5-oxytriazoles.



β-Cinnamenylphenylhydrazin, $C_6 H_5 \cdot N_2 \cdot H_2 - CO \cdot CH = CH - C_6 H_5$ ist zuerst von *Knorr*[1]) durch direktes Erhitzen von Zimmtsäure mit Phenylhydrazin erhalten worden. Da meine Versuche, die Verbindung mit dem Zimmtsäurechlorid darzustellen, kein befriedigendes Ergebnis hatten, bereitete ich sie mit gutem Erfolge aus nach *Wedekind's*[1]) Methode gewonnenem Zimmtsäureanhydrid und Phenylhydrazin. Schmpt. (übereinstimmend mit Wedekind's Angabe 187°).

---

[1]) Knorr, Ber. der deutsch. chem. Ges. *20*, 1108 (1887).

Das Einwirkungsprodukt von Harnstoffchlorid auf β-Cinnamylphenylhydrazin in Benzollösung (20 g. Hydrazid, 1200 ccm. Benzol) wurde genau so verarbeitet, wie bei der Darstellung des Phenylaethyloxytriazoles beschrieben. Es wurde jedoch bloss das unveränderte Ausgangsmaterial (Phenylhydrazid) zurückgewonnen, nur die letzten alkoholischen Mutterlaugen enthielten eine kleine Menge einer in verdünnter Natronlauge löslichen Substanz. Aus 70 g. Cinnamylphenylhydrazin konnten davon 0,6 g. isoliert werden, das Produkt war aber sehr unrein und liess sich durch Auflösen in Chloroform und Fällen mit Ligroïn nur ungenügend reinigen. Bei einer Stickstoffbestimmung wurden 14,06 % N gefunden, berechnet (auf das Oxytriazol) 15,97. Bei einem nochmaligen Versuche, den Rest der Substanz aus Alkohol zu krystallisieren (sie schmolz vorher bei ca. 280°) wurden kleine Prismen erhalten, die den Schmpt. 185° zeigten, also vermutlich Cinnamylphenylhydrazin waren.

In der Erwartung, dass die Anwendung eines höher siedenden Lösungsmittels die Umsetzung zwischen Harnstoffchlorid und Cinnamylphenylhydrazin begünstigen könnte, wurde die Reaktion in Toluollösung vorgenommen.

In der That gelang es jetzt, aus 50 g. Phenylhydrazid ca. 2 gr. eines alkalilöslichen Produktes zu gewinnen; es war indessen schwierig zu reinigen und nur nach mehrmaligem Auflösen in Alkohol (unter Zusatz von Tierkohle) und langsamem Verdunstenlassen des Lösungsmittels wurden kleine Prismen erhalten, deren Schmpt.

---

[1]) Wedekind. Ber. der deutsch. chem. Ges. *34*, 2070 (1901).

bei 187° lag; es war also *Cinnamylphenylhydrazin*, das Gemisch von reinem Zimmtsäurephenylhydrazid und jener Substanz besass den gleichen Schmpt. Unter Umständen kann also unreines Cinnamylphenylhydrazin sich in Alkalien lösen, das ganz reine dagegen nicht mehr[1]).

Es seien hier noch, um den Einfluss des mit dem Phenylhydrazin verbundenen Säurerestes auf den Verlauf der Oxytriazolsynthese zu zeigen, die Ausbeuten an nicht in Reaktion getretenem Phenylhydrazid und an Oxytriazol übersichtlich zusammengestellt:

Angewandtes Phenylhydrazid	Zurückgewonnenes Phenylhydrazid	Oxytriazol
Hexahydrobenzoyl. —	37 %[2])	59 %
Benzoyl. —	Konnte nicht aufgefunden werden, dafür etwas *Diphenyloxybiazolon.*	0
Butyryl.	ca. 1 %	53 %
Crotonyl. —	42 %	14,8 %
Hydrocinnamyl. —	58,3 % (Mittel)	36,3 % (Mittel)
Cinnamyl. —	96 %	0

Basel, im September 1902. Universitätslaboratorium II.

---

[1]) Bei der Einwirkung von Harnstoffchlorid auf *β-Benzoylphenylhydrazin* entstand mit dem im Chlorid gelösten *Phosgen* etwas *Diphenyloxybiazolon*, ich konnte jedoch bei den Versuchen mit Cinnamylphenylhydrazin das entsprechende Biazolon nicht auffinden.

[2]) Gemeint sind Prozente vom angewandten Ausgangsmaterial.

Die Zeit in der Entwickelung der Organismen.

Von

Wilhelm His.

Dieser Band soll einen Abschnitt in dem ungewöhnlich segensreichen Leben eines Freundes festlich begrüssen, und so mag hier ein Aufsatz über die Rolle der Zeit in der Entwicklung an und für sich nicht unzeitgemäss erscheinen. Immerhin bringt für den mathematischen Physiker, der gewohnt ist, bei Aufstellung seiner Gleichungen ausser den drei Variabeln des Raumes auch die Zeitvariable in Rechnung zu setzen, die Betonung der Zeit als eines entwicklungsgeschichtlichen Faktors etwas so gut wie selbstverständliches. Im Grunde sind ja auch wir Biologen der Bedeutung der Zeit für organische Entwicklungsvorgänge uns sehr wohl bewusst, und wir haben ihr besonders beim Aufbau phylogenetischer Vorstellungen den allerweitesten Spielraum zuerteilt. Das hindert aber nicht, dass wir die organischen Entwicklungsvorgänge in der Regel einzeln zu verfolgen pflegen, ohne deren zeitlichem Ineinandergreifen besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Es gilt dies speziell von unseren ontogenetischen Darstellungen, bei denen in getrennten Kapiteln die Entwicklung des Nervensystems, des Gefässystems, des Skelettes u. s. w. behandelt zu werden pflegt, ohne dass die Beziehungen der einen zur andern Entwicklung, oder die *zeitlichen Entwickelungskorrelationen,* wie wir sie zusammenfassend bezeichnen können, eine besondere Berücksichtigung finden. Es ist dies durch die grosse Komplikation der Verhältnisse zu entschuldigen, aber doch wird eine allseitig vorgehende Forschung oder, um es moderner auszudrücken, eine mechanische Entwicklungslehre nicht vermeiden können, dem zeitlichen Ineinandergreifen der Entwicklungsvorgänge die ihm gebührende Aufmerksamkeit zu schenken.

In Nachfolgendem werde ich versuchen, an einzelnen Beispielen zu zeigen, in welcher Weise anscheinend völlig unabhängig von einander verlaufende Vorgänge in einander einzugreifen und sich gegenseitig zu bestimmen vermögen. Die mitgeteilten Beispiele habe ich zum Teil schon bei früheren Gelegenheiten besprochen, bringe sie aber hier in mehr geordneter Zusammenstellung.

Fürs erste kann schon die Befruchtung des tierischen Eies als ein Vorgang angeführt werden, bei dem der zeitliche Ablauf streng vorgeschrieben ist. Nehmen wir als Beispiel die Befruchtung von Knochenfischen, so wissen wir, dass ein jeder der beiden Keimstoffe, der Samen sowohl, als das Ei, für sich ins Wasser gebracht, binnen kürzester, nach Sekunden zu bemessender Frist seine wesentlichen Eigenschaften, der Samen das Befruchtungsvermögen, das Ei die Befruchtbarkeit verliert. Und doch müssen diese Stoffe im Wasser sich begegnen, um auf einander wirken zu können. Soll nicht einer der beiden Keimstoffe versagen, so müssen eben beide gleichzeitig ins Wasser und zu sofortiger Berührung gelangen. Damit dies aber möglich sei, ist es erforderlich, dass die in getrennten Individuen sich entwickelnden Keimstoffe bei beiden Geschlechtern gleichzeitig ihre Reife erreichen, und dass gleichzeitig bei den betreffenden Individuen der Drang zur Entleerung der reifen Stoffe sich geltend macht. Der bei beiden Geschlechtern durch Monate sich vorbereitende Vorgang ist in seinem Schlussablauf so scharf abgestimmt, dass eine zeitliche Verschiebung seiner Bedingungen um Minuten seine Bedeutung vereiteln würde.

Nicht bei allen Organismen ist das zeitliche Ineinandergreifen der Befruchtungsbedingungen in gleicher Weise geordnet. So vermag bei höheren Wirbeltieren (und noch ausgesprochener bei den Bienen) der Samen innerhalb der weiblichen Leitungswege während längerer Zeit sein Befruchtungsvermögen zu bewahren, wogegen die Eier sehr bald nach ihrem Austritt aus dem Eierstock sich verändern und ihre Befruchtbarkeit einbüssen. Für das Ei scheint, soweit wir die Verhältnisse übersehen können, die Zeit stets scharf vorgeschrieben zu sein, in der es befruchtet werden muss.

Übrigens ist es nicht der Eintritt von Veränderungen an und für sich, der dem reifen Eierstocksei seine Befruchtbarkeit nimmt. Vielmehr sind erfahrungsgemäss gewisse Vorgänge am Kern und die Ausstossung der sogenannten Richtungskörper notwendige Vorbedingungen für die Möglichkeit der Befruchtung. In einer bei verschiedenen Tierformen wechselnden Weise greifen die beiden Prozesse, die Bildung der Richtungskörper einerseits und das Eindringen und die Umwandlung der Spermatozoen andererseits zeitlich in einander ein. Beide Vorgänge sind von einander unabhängig, aber nur bei deren geordnetem Ineinandergreifen kommt es zu jener Verschmelzung von Spermakern und von Eikern, die den Abschluss des eigentlichen Befruchtungsvorganges bildet.

Für die gesamte auf die Befruchtung folgende Reihe von Entwicklungsperioden besteht *das allgemeine*

Prinzip, dass in einer jeden Periode und auf einer jeden Stufe der Organisation der sich entwickelnde Organismus lebensfähig sein muss. Zwischen den Leistungen der primitiven Organe muss jederzeit das nötige Gleichgewicht bestehen, und vor allem müssen die beiden physiologischen Grundfunktionen, Ernährung und Atmung in einer dem jeweiligen Bedarf entsprechenden Weise geordnet sein. Dies gilt schon für die allerersten Entwicklungsperioden der Furchung und der Keimblattbildung, bei denen im allgemeinen die äusseren Keimschichten die respiratorischen, die innern, dem Dotter zugekehrten die nutritiven Leistungen vorwiegend zu übernehmen haben.

Mit der Sonderung der primitiven Organe gewinnt das Ineinandergreifen der verschiedenen Vorgänge eine gesteigerte Bedeutung. Ein frühes Beispiel einer zeitlichen Verknüpfung unter sich verschiedenartiger Prozesse liegt in der ersten Bildung des Herzens und des Gefässystems vor. Das Herz gehört bekanntlich zu den sehr zeitig sich anlegenden Primitivorganen, beim bebrüteten Hühnchen z. B. finden sich schon vom Beginn des dritten Tages ab ein schlagendes Herz und ein flach ausgebreitetes Röhrensystem, innerhalb dessen rotes Blut zirkuliert. So geschlossen und einheitlich aber das also funktionierende System sich darstellt, so ist es doch aus getrennten und unter verschiedenen Bedingungen entstandenen Anlagen hervorgegangen. Die Muskelwand des Herzens sondert sich jederseits als ein faltenartig sich erhebender Streifen aus der äusseren Wand des Kopfdarmes, der sogenannten Splanchnopleura. Sie ist ein intraembryonal entstehendes Gebilde. Während sich, durch verschiedene Phasen hindurchgehend, der muskulöse Herzschlauch bildet, legen sich weit ausserhalb des Embryonalleibes die ersten Gefäss- und Blutanlagen an.

Diese Anlagen sondern sich vom primären Endoblast ab, und sie erscheinen als Gruppen von Zellen, die sich teils netzförmig, teils in Form frei hervortretender Sprossen an einander anreihen. Von der Peripherie des Keimes ausgehend, breiten sich die Gefässsprossen immer mehr gegen den Embryo hin aus, und sie dringen in die offenen Lückenräume zwischen dessen Primitivorganen ein. Auch die Lichtung des Muskelherzens wird von Gefässsprossen erreicht und durchwachsen. Die anfangs soliden Gefässanlagen werden zu Röhren, eine Umbildung, die gleichfalls an der ausserembryonalen Peripherie ihren Anfang nimmt und von da aus gegen den Embryo hin fortschreitet. Im Innern des schlauchförmigen Muskelherzens entsteht ein zweiter, der endocardiale Schlauch, der als Teilstück des allgemeinen Röhrensystems Blut, und zwar zuerst körperchenfreies und dann körperchenhaltiges Blut umschliesst. Die Blutkörperchen gehen aus dem stellenweise vorhandenen Überschuss von Bildungszellen im peripherischen Gefässkeim hervor. Sie liegen anfangs als sogenannte Blutinseln haufenweise in den Gefässwandungen, mengen sich aber nach Eintritt der Zirkulation der bewegten Flüssigkeit bei.

Die rythmische Kontraktion des Herzmuskels beginnt, sobald das Organ als solches erkennbar ist. Es treffen also zeitlich zusammen: die Formentwicklung des Muskelherzens, die histologische Ausbildung seiner Zellen zu kontraktilen, autonom thätigen Elementen, die Sonderung des Gefässkeimes, sowie dessen Umbildung zu hohlen Röhren und zu Blutinseln und sein Hereinsprossen aus peripherischen Keimgebieten in den Körper des Embryo. Jeder dieser Vorgänge folgt seinen eigenen Bildungsgesetzen und doch ist das Endergebnis ein scharf geordnetes Ineinandergreifen derselben.

Der Eintritt der Herzkontraktionen vom Zeitpunkt der histologischen Differenzierung ab, findet seine Parallele im Verhalten anderer Muskeln. *S. Kaestner* hat gefunden, dass bei jungen Haifischembryonen die Rumpfmuskeln Kontraktionen ausführen, sobald Muskelfibrillen erkennbar sind, und in Übereinstimmung mit *Balfour* weist er ausdrücklich auf die physiologische Bedeutung dieser frühen Muskelthätigkeit hin. Bei den Herzkontraktionen kommt der gleichfalls früh sich ausprägende Rythmus der Kontraktionen als besonderes Problem hinzu.

Schwierig zu verstehen bleibt die Regulierung des embryonalen Kreislaufes während der verhältnismässig langen Periode, während der es noch keine Gefässmuskeln und Gefässnerven gibt. Die Verteilung des Blutes in den verschiedenen embryonalen und ausserembryonalen Bezirken muss bei gegebener Herzthätigkeit jederzeit von der Verteilung der Widerstände in den betreffenden Bahnen abhängig sein. Noch sind aber in früher Zeit die Gefässwandungen dünn und in offene Lücken oder in ein weiches wasserreiches Mesenchymgewebe lose eingelagert. Unter den Umständen darf man wohl der dem Blutdruck das Gegengewicht haltenden Gewebsspannung keine allzugrosse Rolle zuteilen. — Durchsichtiger ist der Einfluss, den die Beziehung der Nachbarorgane auf das Verhalten von Gefässtämmen ausüben, und besonders sind die Folgen von Organwachstum und von Wachstumsverschiebungen durch mancherlei Einzelfälle klar zu belegen. So ist die Bildung einer einfachen A. omphalomesenterica aus den Endabschnitten einer Kette von Verbindungsschleifen zwischen den Dottergefässen und

---

[1] *S. Kaestner*, His und Braune's Archiv 1892. S. 165.

den absteigenden Aorten unschwer zu verstehen. Sie fällt zeitlich zusammen mit der Erhebung der Darmanlage über die übrige Keimhaut, einem Vorgang, der seinerseits zu Knickung der bisherigen Quergefässe und damit zu deren Abschluss führen muss. Ähnliche Einflüsse von eintretender Gefässknickung sind im System der Aortenbogen höherer Wirbeltiere nachweisbar. Bekanntlich sind hier die obern 2 Aortenbogen nur in früher Zeit offen, später schliessen sich deren an die Aortae descendentes stossende Abschnitte, wogegen der 3. Bogen als Anfang der Carotis interna persistiert, und der 4. und 5. linkseitige Bogen als bleibender Arcus Aortae und als Ductus arteriosus Botalli sich erhalten. Der Verschluss der oberen beiden Bogen fällt zusammen mit dem Eintritt der Nackenkrümmung des Embryo. Bevor diese eingetreten ist, liegen Bogen 1 und 2 in der unmittelbaren Verlängerung des Aortenbulbus. Nach erfolgter Krümmung ist die Richtung der Bogen und des Bulbus eine entgegengesetzte geworden, wogegen nunmehr der 3., 4. und weiterhin der 5. Bogen in die verlängerte Richtung des Aortenbulbus eingerückt sind. Der Bulbus inserirt sich von Anfang ab nicht symmetrisch in die Bogenwurzeln, sondern mit einer nach links gekehrten Neigung. Diese verschiedenen Momente bedingen aber, dass die Stromwiderstände in den verschiedenen Abschnitten des Gesamtbogensystems mehr und mehr ungleich werden. Die Strecken mit grösseren Widerständen verengern oder schliessen sich, während die übrigen sich ausweiten. Jeder dieser Vorgänge aber hat wieder seine zeitlich genau zugemessene Stellung im Gesamtlauf der Entwicklung.

Bei der weiteren Entwicklung des Gefässystems tritt uns auffällig entgegen, dass in dem die Organlücken ausfüllenden Gewebe überall da, wo es an epitheliale Anlagen anstösst, dichte Kapillarnetze auftreten.[1] So entstehen frühzeitig die Gefässhäute des Gehirns, des Rückenmarks und des Auges, sowie die kapillarreichen Bekleidungen der Schleimhäute und Drüsen. Hiebei handelt es sich unzweifelhaft um eine direkte kausale Verknüpfung, bei der die Epithelien als Bildungsreiz auf die sich entwickelnden Gefässe einwirken. Korrelative Beziehungen indirekter Art lassen sich aber auch in der späteren Entwicklungsgeschichte des Gefässystems verschiedentlich nachweisen.

So werde ich nachher Gelegenheit haben, auf das Ineinandergreifen von Gefäss- und Nervenentwicklung einzugehen. Andere interessante Korrelationen treten bei der Scheidung der Blutströme im Herzen auf. Schon das Zusammentreffen der vier unabhängig von einander entstehenden Scheidewandanlagen im Herzen ist eine hieher gehörige Erscheinung.[2] In gleicher Weise gilt dies von den Beziehungen zwischen der Bildung der Aortenscheidewand und der Verschiebung der Aorteninsertion.

Die Insertion des Aortenbulbus geschieht ursprünglich auch bei höheren Wirbeltieren und beim Menschen hoch oben, dicht unter dem Unterkiefer, sie verschiebt sich aber allmählich nach abwärts und rückt successive am 2., 3., 4. und 5. Bogen vorbei. Bei einer jeden besonderen Stellung des Insertionsfeldes kommt ein Teil der abgehenden Bogen über, ein anderer unter dieses Feld zu liegen. Wir haben also, übersichtlich zusammengestellt:

---

[1] *His.* Die Häute und Höhlen des Körpers; akad. Programm. Basel 1865. S. 31.

[2] Besprochen in der Anat. menschl. Embryonen, 1885 Heft III.

	Über der Insertionsstelle:	Unter der Insertionsstelle des Bulbus:
Stufe I	Bogen 1	Bogen 2, 3, 4 u. 5
„ II	„ 1 u. 2	„ 3, 4 u. 5
„ III	„ 1, 2 u. 3	„ 4 u. 5
„ IV	„ 1, 2, 3 u. 4	„ 5
„ V	„ 1, 2, 3, 4 u. 5	—

Während die Insertion des Bulbus sich verschiebt, entsteht in dessen Innerem die Aortenscheidewand, die, von oben nach abwärts fortschreitend, schliesslich ins Herz eintritt und die Strombahnen von rechtem und linkem Herzen sondert. Es ist aber klar, dass die Bildung dieser Scheidewand zeitlich normiert sein muss, falls die Blutverteilung nicht aus der Ordnung kommen soll. Notwendigerweise muss die von oben herabwachsende Wand während der Stufe IV obiger Aufzählung in den Ventrikelraum einschneiden. In jedem anderen Falle würde eine von der Norm völlig abweichende Gefässverteilung eintreten. Bei Stufe II würde das linke Herz nur die Carotis externa, bei Stufe III diese und die Carotis interna speisen, und alle übrigen Gefässe bekämen ihr Blut vom rechten Herzen. Eine direkte Abhängigkeit der Scheidewandbildung von der Verschiebung der Aortenbogen ist in keiner Weise zu erkennen, wir haben es also auch hier wieder mit einem zeitlichen Ineinandergreifen von Vorgängen zu thun, die unabhängig von einander sich entwickelt haben.

Reichliche Beispiele korrelativer Vorgänge bietet die Geschichte des Nervensystems. Schon die erste morphologische Gliederung des Gehirnrohres in einzelne hinter einander liegende Teilstücke, in das Vorderhirn nebst den Augenblasen, das Mittel- und das Rautenhirn ist von fundamentalster Bedeutung. Alles greift da in einander ein: was dem einen Teil aus der gemeinsamen Anlage zugemessen wird, wird dem andern entzogen und die Form, die jeder Teil annimmt, wirkt wiederum bestimmend auf die Form der Nachbarteile. Die entscheidende Grundbedingung aber für die Gehirngliederung liegt in den Axenkrümmungen seiner Anlage, die schon in frühester Zeit sich geltend machen.[1]) Der zur Bildung des Medullarrohres führende Querschub des wachsenden Keimes und der die Axenbiegungen herbeiführende Längsschub müssen in gegebenen Zeitpunkten in einander eingreifen, um die einer jeden Tierform zukommende besondere Gehirnanlage zustande zu bringen. Eine zeitliche Verschiebung würde auch hier das Endergebnis völlig verändern.

Tritt dann weiterhin die histologische Differenzierung der Gehirn- und Rückenmarkswand ein, so begegnen wir überall wieder dem zeitlichen Ineinandergreifen der einzelnen Teilvorgänge. Ehe es zur Bildung von Neuroblasten bez. von Nervenzellen und von Nervenfasern kommt, entsteht ein Gerüst, das den Zellen und Fasern zum Lager zu dienen bestimmt ist. Dies Gerüst wächst durch die gesamte Entwicklungszeit hindurch und so finden wir es als sogenannte Neuroglia durch das ausgebildete Gehirn und Rückenmark ausgebreitet, von der innern zur äusseren Oberfläche sich erstreckend. Die jugendlichen Nervenzellen aber oder Neuroblasten sind auf frühen Entwicklungsstufen beweglich, sie durchwandern die Maschen des Gerüstes und können sich an Orten anhäufen, die von ihrer Bildungsstätte mehr oder minder weit entfernt sind. Dabei wirkt vielfach das Markgerüst wie ein Filter, indem es nur den auswachsenden Fasern, nicht aber den kernhaltigen Zellenleibern den Durchtritt gestattet. In der Weise scheiden sich bei Bildung des Rückenmarks die Anlagen der weissen und der grauen Substanz. Das peripherisch gelegene Gerüst der ersteren, der sogenannte Randschleier zeigt sich von früh ab auffallend engmaschig und bleibt im allgemeinen nur für Fasern durchlässig. Es erweist sich wieder die Notwendigkeit gesetzlich abgestimmten zeitlichen Ineinandergreifens: das Markgerüst muss angelegt sein, bevor es zur Bildung von Nervenzellen und von Nervenfasern kommt, da es diesen ihren Weg zu weisen hat.[1])

---

[1]) Über diese schon vor Jahren besprochenen Verhältnisse verweise ich auf die „Briefe über unsere Körperform“. Leipzig 1864.

Von den vielen Nervenfasern, die im Markrohr nach und nach zur Entwicklung kommen, verlässt nur ein verhältnismässig kleiner Teil als motorische Wurzelfasern das Rückenmark und das Gehirn. Die übrigen bleiben als intramedullare Verbindungsbahnen in der Wand des Markrohres eingeschlossen. Zeitlich beschränkt sich aber die Bildung austretender Wurzelfasern auf die allererste Zeit der Faserentstehung (beim menschlichen Embryo auf die 4. und 5. Woche). Alle Fasern späterer Bildung verbleiben intramedullar. Auch die in das Mark hineinwachsenden sensibeln und die Sinnesfasern bilden sich in früher Zeit. Der verhältnismässig spät sich anlegende N. opticus ist seiner Natur nach als intramedullare Bahn zu verstehen. Später als Nervenwurzeln aus dem Markrohr hervorwachsen, wachsen kapillare Blutgefässe in dessen Wand hinein unter Bedingungen, die im Einzelnen noch nicht klar zu übersehen sind.

Während in der ersten Zeit die Anlagen von Gehirn und von Rückenmark in ihrem Aufbau kaum merklich von einander abweichen, treten bekanntlich im Laufe der Zeit zunehmende Unterschiede hervor, deren Verständnis Gegenstand der Forschung sein muss. Die Grundvorgänge sind überall dieselben, überall kommt es zu einer stetigen Teilung der an der Innenfläche liegenden Keimzellen und zu einer teilweisen Umbildung derselben zu Nervenzellen und zu Spongioblasten, aber die Zeitfolge, nach der diese Vorgänge sich aneinander anfügen, wechselt nach den verschiedenen Bezirken. Von vornherein können wir davon ausgehen, dass die Keimzellen das stetig sich vermehrende allgemeine Bildungsmaterial sind. So lange sie als solches sich erhalten, schreitet das Wachstum durch Zellenneubildung fort. Je früher und je reichlicher aber dies Material zu den speziellen Zwecken der Neuroblasten- und Spongioblastenbildung verbraucht wird, um so mehr wird das Gesamtwachstum des betreffenden Bezirkes eingeschränkt werden. In der Hinsicht ist es besonders bemerkenswert, dass gerade diejenigen Gehirnteile, die in der Folge am allermächtigsten auswachsen, die Hemisphären von Gross- und von Kleinhirn in ihrer Anfangsentwickelung sehr verzögert erscheinen. Sie enthalten noch keine ausgebildeten Neuroblasten in einer Zeit, da das Rückenmark und das verlängerte Mark in ihrer Entwickelung schon weit fortgeschritten sind.

---

[1] Über die von *Harrison* gemachten Einwendungen habe ich mich ausgesprochen in dem Aufsatz „Über organbildende Keimbezirke“, His Archiv 1901. S. 318.

Ich müsste in die spezielle Entwickelungsgeschichte des Gehirns eintreten, sollte ich im Einzelnen das zeitliche und örtliche Ineinandergreifen der einzelnen Entwicklungsvorgänge auseinandersetzen. Bei einem späteren Anlass hoffe ich, dieser Aufgabe näher treten zu können, hier beschränke ich mich auf einige wenige Punkte. Sehen wir ab von dem Intussusceptionswachstum der einzelnen Hirnteile, das beim Längenwachstum des Markrohres allein in Betracht kommt, so sind beim Dickenwachstum vielfach Appositionsvorgänge beteiligt, die teils auf die Rechnung von Zellenauswanderungen, teils auf die von angelagerten Faserkomplexen zu setzen sind. Für das verlängerte Mark habe ich seiner Zeit[1]) den Nachweis geführt, dass aus dessen Querschnitt, ähnlich wie aus einem geologischen Profil, das relative Alter der Schichten herausgelesen werden kann. Die am oberflächlichsten gelegenen Pyramiden sind die jüngste Bildung, die zuerst vorhandenen motorischen Kerne aber und der sogenannte Tractus solitarius, das heisst Teile, die anfangs eine ganz oberflächliche Lage eingenommen hatten, erscheinen durch dicke Zellen- und Faserkomplexe weit in die Tiefe gerückt. Ähnliches lässt sich für die Brücke und für die Hirnschenkel darthun, dagegen entwickelt sich die Wand der Grosshirnhemisphären in einer völlig abweichenden Weise. Hier wandern in einer sehr späten Periode die Zellen massenhaft aus den innern in die äusseren Wandschichten und sammeln sich zu einer geschlossenen Rindenschicht. Die neu auf- und die von unten her in die Hemisphären eintretenden Fasermassen lagern sich nicht an die Aussenfläche der Wand an, sondern sie schieben sich zwischen die neu entstandene Rindenschicht und die ursprüngliche Innenplatte ein. Ein Querschnitt der Hemisphärenwand gibt daher kein so einfaches historisches Dokument, wie ein solcher des verlängerten Markes.

Noch komme ich mit einigen Worten auf das Verhalten der auswachsenden Nerven zurück; auch hierüber habe ich mich bei früheren Gelegenheiten schon ausgesprochen. Es treten dabei die Eigentümlichkeiten zeitlicher Entwicklungskorrelationen in besonders anschaulicher Weise hervor. Die aus dem Markrohr und aus Ganglien hervorwachsenden Nervenfasern sammeln sich zunächst zu kleinen Bündeln und weiterhin zu kompakten Stämmen, die allmählich peripheriewärts vorrücken. Bei ungehemmtem Verlaufe geschieht das Auswachsen geradlinig. So verläuft z. B. beim menschlichen Embryo der N. oculomotorius völlig gestreckt von der Mittelhirnbasis durch die Sattelspalte hindurch bis in die Nähe des Auges. Gestreckte Verlaufsrichtung zeigen auch auf grössere Strecken hin der N. trochlearis und der N. abducens. Die drei Stümpfe des N. trigeminus, die Nn. facialis, glossopharyngeus und vagus, sowie die Rückenmarksnerven zeigen, solange sie noch kurz sind, sämtlich gestreckten Verlauf. Die mit fortschreitender Entwickelung auftretenden Komplikationen beziehen sich nun einerseits auf Biegungen der Stämme, andererseits auf zunehmende Teilung derselben. Die Bedingungen für die beiderlei Arten von Veränderungen lassen sich unschwer übersehen: Wenn ein nervenführender Teil entwickelungsgemäss verbogen wird, so wird auch der von ihm umschlossene Nervenstamm verbogen und dessen Richtung des Auswachsens wird eine andere. So verläuft der N. facialis innerhalb des Hyoidbogens anfangs gestreckt, und sein Stumpf liegt ventralwärts, dann aber erfährt der Hyoidbogen eine Knickung und das Nervenende bekommt nun die Richtung gegen den Mandibularfortsatz, in den es weiterhin hineinwächst.

---

[1]) *His* 1890. Die Entwickelung des menschlichen Rautenhirns. Abhandlungen der k. sächs. Ges. der Wissensch. mathem. phys. Klasse, Bd. XVII, No. I, S. 65.

Stösst ein auswachsender Nervenstumpf auf einen Widerstand, so werden seine Fasern aus ihrer Bahn abgelenkt, wobei die einen auf einer, die andern auf der andern Seite des Widerstandes auswachsen können. Der Stamm teilt sich in solchem Fall in zwei oder mehr Zweige. Als solch ablenkende Widerstände kommen insbesondere Knorpel und Blutgefässe in Betracht. So teilt sich z. B. der N. mandibularis da, wo er auf den Meckel'schen Knorpel stösst, in den nach innen von letzterem vorbeiziehenden N. lingualis und in den nach auswärts davon verlaufenden N. alveolaris inferior. In anderen Fällen bestimmt umgekehrt die gegebene Anordnung der Nervenstämme die Verteilung der Knorpelanlagen, so an der Wirbelsäule und im Becken.[1]) Es erscheint eben von besonderer Bedeutung, dass die Bildung des peripherischen Nervensystems und die des Knorpelskelettes zeitlich ineinander greifen. Es findet (wenigstens gilt dies vom menschlichen Embryo) eine Art von Wettlauf statt. Dasjenige der beiden Gebilde, Nerv und Knorpel, das zuerst auf dem Platz erscheint, bestimmt die Anordnung des anderen.

Es wäre nicht schwer, die Zahl der Beispiele zu vermehren, bei denen das zeitliche Ineinandergreifen verschiedener Entwickelungsvorgänge für deren besondere Gestaltung von entscheidender Bedeutung ist. Es handelt sich um ein durchgreifendes Vorkommnis: Kein Organ oder Organteil entwickelt sich unabhängig von den andern, und so kommt es nicht nur darauf an, dass sich der Teil in bestimmter Richtung entwickelt, sondern auch darauf, in welchem Zeitpunkt er sich entwickelt, und inwieweit seine Entwicklung störend oder fördernd mit der von anderen Teilen zusammen trifft.

Wie haben wir uns nun vorzustellen, dass Entwickelungen, die nach scheinbar verschiedenartigen Gesetzen vor sich gehen, gleichwohl scharf abgegrenzt in einander eingreifen? Wie kommt es z. B., dass das Knorpelgewebe in eben dem Zeitpunkt erscheint, da es nicht allein zur Stütze des weichen embryonalen Körpers erforderlich ist, sondern da es auch in ganz bestimmter Weise die Anordnung der sich bildenden Gefässe und Nerven zu regeln hat?

---

[1]) Hiezu vergl. man die Ergebnisse von *Petersen* in seinen Untersuchungen zur Entwickelung des menschl. Beckens. *His u. Braune's* Archiv 1893, S. 89.

Solange wir das Problem spezialisieren, erscheint es einer Lösung kaum zugänglich, es wird aber seinem Wesen nach verständlich, wenn wir die Entwickelung eines jeden Organismus als einen zwar vielgliedrigen aber einheitlichen Prozess auffassen, dessen Teilvorgänge nach allen ihren Phasen einen zeitlich und örtlich fest geregelten Ablauf haben. Lösen wir einen solchen Gesamtprozess in seine einzelnen Glieder auf, so bekommen wir eine Anzahl von Einzelprozessen, deren jeder seinen eigenen Gesetzen gemäss abläuft. Diese Teilprozesse sind aber nicht nur physiologisch zu gemeinsamer Leistung verkettet, sie führen sich auch genetisch auf gemeinsame Anfänge zurück, auf um so einfachere, je früher diese fallen.

Der Prozess, der sich uns in der Entwickelung organischer Wesen enthüllt, charakterisiert sich seiner Natur nach als ein periodischer. Jedes sich entwickelnde Individuum ist das Einzelglied einer durch unabsehbare Zeiten sich hindurch erstreckenden Generationenreihe. Wie bei einer Wellenlinie, dem einfachsten Bilde einer periodischen Funktion, jedes Glied seinen Vorgängern und seinen Nachfolgern gleicht und auch zeitlich deren Eigentümlichkeiten wiederholt, so wiederholen auch die Glieder gegebener Generationsreihen im Werden und im Vergehen, die Eigenschaften der vor und der nach ihnen kommenden.

Die periodische Wiederkehr von Eigenschaften bei den sich folgenden Gliedern einer Generationenreihe bezeichnen wir bekanntlich als Vererbung. Sind Entwickelung und Leben als periodische Funktionen anerkannt, so ergibt sich der Begriff der Vererbung als eine natürliche Folge hievon. Die Verhältnisse wären ohne weiteres mit denen einer etwas komplizierter gestalteten Wellenlinie zu vergleichen, deren Gipfel und Thäler bei jedem Glied in entsprechenden Phasen sich wiederholen, kämen nicht bei den Generationsreihen organischer Wesen die Einflüsse sexueller Fortpflanzung hinzu. Parallelen lassen sich übrigens an dem einfachen Vergleichsobjekt der Wellenlinie auch hiefür in den Interferenzerscheinungen finden, die auftreten, wenn zwei zusammentreffende Wellensysteme sich mit einander kombinieren.

Die Auffassung des Lebens als periodische Funktion führt übrigens auch zu einer naturgemässen Einreihung des Zweckmässigkeitsbegriffs. Bei einer jeden organischen Entwickelung erfolgt der Ablauf der einzelnen Vorgänge und ihr Ineinandergreifen in zweckmässiger, das heisst in der zur Erzeugung eines normalen Organismus hinführenden Weise. Diese Zweckmässigkeit in der Entwickelung ist ein physiologisches Postulat, denn jede Abweichung von diesem Prinzip führt zur Entstehung von abnormen, bez. von lebensunfähigen Formen. Sie liegt aber andererseits in jedem Gesetz periodischer Prozesse begründet. Nach solchem Gesetz erscheint jede beliebige Phase eines periodischen Prozesses als notwendige, oder physiologisch ausgedrückt, als zweckmässige Vorbedingung aller nachfolgenden Phasen. Handelt es sich, wie bei der Entwickelung organischer Wesen, um hochorganisierte vielgliedrige Prozesse, so hat ein jedes der Teilglieder an seinem Ort und zu seiner Zeit in Erscheinung zu treten. Ist der Anfang der Bewegung (die *ἀρχὴ τὴσ κινήσεωσ* von Aristoteles) gegeben, dann schliesst sich alles übrige mit Naturnotwendigkeit an.

Ich habe bei früherer Gelegenheit für eine derartige Verknüpfung verwickelter Naturvorgänge das *Leibnizsche* Wort von der „*prästabilierten Harmonie*“ gebraucht, und es ist mir dies als unwissenschaftlich verdacht worden. *Leibniz* selber formuliert sein Problem und dessen Lösung in folgender Weise: Die psychischen Vorgänge folgen ihren besonderen, fest normierten Gesetzen, und dasselbe gilt von den körperlichen Vorgängen. Psychische und körperliche Vorgänge laufen aber in harmonischer Weise ab, und sie entsprechen einander, wie etwa zwei absolut übereinstimmend regulierte Uhren von vielleicht völlig verschiedenartiger Konstruktion.¹) Dies Bild der Uhren führt *Leibniz* an anderer Stelle weiter aus²): Die Übereinstimmung in deren Gang wird verständlich 1) wenn die eine Uhr stetig auf die andere einwirkt; 2) wenn ein Aufseher die beiden Uhren fortwährend regliert und 3) wenn die Uhren absolut genau gearbeitet sind. Letztere Möglichkeit ist die der prästabilierten Übereinstimmung. Setzt man an Stelle der beiden Uhren Seele und Körper, so gelten dieselben Betrachtungsweisen: Für die erstere Auffassung, gegenseitige Abhängigkeit von Seele und Körper, tritt die landläufige Philosophie ein, aber da man nicht verstehen kann, wie materielle Teilchen und immaterielle Eigenschaften auf einander wirken können, ist die Auffassung nicht haltbar. Die

---

¹) „Les ames suivent leurs lois, qui consistent dans un certain développement des perceptions selon les biens et les maux; et les corps suivent aussi les leurs, qui consistent dans les règles du mouvement: et cependant ces deux êtres d'un genre tout à fait différent se rencontrent ensemble et se répondent comme deux pendules parfaitement bien réglées sur le même pied, quoique peut-être d'une construction toute différente. Et c'est ce que j'appelle *l'Harmonie préétablie*, qui écarte toute notion de miracle des actions purement naturelles et fait aller les choses de leur train réglé d'une manière intelligible.“ G. G. Leibnitii Opera omnia, ed. Dutens. Genevae 1908. Bd. II S. 40.

²) Ebendaselbst II. S. 95.

zweite Auffassung verlangt das stetige Eingreifen eines Deus ex machina und ist gleichfalls unstatthaft. Es bleibt daher nur die dritte Möglichkeit, dass bei der ersten Schöpfung jede der beiden „Substanzen“ so vollkommen gebildet und so genau reguliert worden ist, dass sie, obwohl ihren eigenen Gesetzen folgend, doch mit der anderen genau harmoniert, gerade als ob eine von der andern abhängig wäre, oder als ob Gott fortwährend für die Übereinstimmung beider besorgt wäre.

Sieht man bei dieser Darstellung von der Einführung des Weltenschöpfers als Erklärungsmotiv ab, so bleiben das Grundproblem und dessen Lösung dem unserigen durchaus verwandt. In beiden Fällen handelt es sich um den Ablauf unter sich verschiedenartiger, gesonderten Gesetzen folgender Vorgänge. Für beide Probleme liegt die Lösung in der Anerkennung eines die Sondervorgänge beherrschenden Gesamtgesetzes. Durch das Gesamtgesetz der Entwickelung ist das einheitliche Ineinandergreifen der Teilvorgänge im voraus bestimmt, die Harmonie ist eine prästabilierte. Sie ist in demselben Sinn prästabiliert, wie das allseitige, dem periodischen Ablauf der Jahreszeiten sich anpassende Ineinandergreifen pflanzlicher und tierischer Entwicklungen überhaupt. Bei der Anerkennung und Feststellung allgemeiner und besonderer Entwickelungsgesetze organischer Wesen bleibt übrigens die neuere Forschung nicht stehen, sie bemüht sich, die Entstehung dieser Gesetze auch ihrerseits als notwendige Folgen natürlicher Vorgänge abzuleiten.

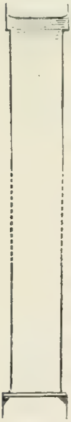
Recherches sur la transparence des eaux du Léman

par

F.-A. Forel.

Dans le IIe volume du Léman, p. 427 [1]), j'ai donné quelques chiffres résumant mes dernières études sur la transparence des eaux, telles que je les ai exposées le 9 janvier 1895 devant la Société vaudoise des Sciences naturelles. Il sera peut-être utile d'en publier une description plus détaillée; la méthode que j'ai employée pourra, je l'espère, intéresser des collègues qui voudraient suivre à des études analogues ou voisines.

Et d'abord la méthode. Elle consiste à verser l'eau qu'il s'agit d'étudier dans un *tube vertical*, fermé en bas par une glace et à en déterminer la transparence. Mon appareil est un tube cylindrique de 1 m de longueur, en feuilles de zinc, de 3,5 cm de diamètre, terminé à ses deux extrémités par des cupules plus larges, de 5,5 cm de diamètre. La cupule inférieure est fermée par une glace de verre blanc cimentée sur son pourtour; la cupule supérieure est ouverte [2]). Je suspends le tube verticalement à un trépied qui le maintient soulevé à 10 cm au-dessus du plancher de la chambre, de telle sorte que je puisse glisser sur le sol un écran blanc, ou une feuille de papier portant des caractères d'imprimerie, et les voir éclairés par une lumière oblique.



---

[1]) *F.-A. Forel.* Le Léman, monographie limnologique t. II, p. 427. Lausanne 1895.

[2]) Si j'ai évasé en cupules les extrémités de mon tube, c'est afin que le champ visuel ne soit pas rétréci sur les bords, ni par le ciment qui entoure la glace de l'extrémité inférieure, ni par le ménisque capillaire de l'eau à sa surface libre.

Je verse dans le tube un litre de l'eau dont je veux étudier la transparence. Deux cas peuvent se présenter :

a. Ou bien l'eau est relativement limpide ; je distingue plus ou moins nettement les objets éclairés à travers l'épaisseur d'un mètre d'eau que mon rayon visuel parcourt dans l'appareil. J'apprécie alors le degré de la limpidité ; je constate qu'elle me permet de voir à peine une lueur diffuse dans les cas de transparence faible ; ou bien dans les cas où la transparence est plus parfaite de reconnaître des caractères d'imprimerie, de lire telles grosses lettres, de ne pas lire telles lettres plus fines.

b. Ou bien l'eau est assez louche pour être opaque et ne pas laisser passer trace de lumière sous l'épaisseur d'un mètre. Dans ces conditions, pour arriver à en apprécier le degré d'opacité, je dilue l'eau trouble dans des quantités progressives d'une eau parfaitement limpide. (de l'eau passée par un filtre de porcelaine, filtre Chamberland) et je cherche le degré de dilution qui me permet de voir les premières lueurs de lumière diffuse, ou de lire nettement tels caractères d'imprimerie que je choisis comme objet visé. La quantité plus ou moins grande d'eau limpide ainsi ajoutée me donne une notion de la turbidité de l'eau sale ; j'obtiens de cette manière les éléments d'une comparaison suffisante entre deux eaux inégalement opaques.

Il est évident que les valeurs données par ce procédé ne sont pas des chiffres absolus ; ils varieraient d'un observateur à l'autre suivant la puissance de leurs yeux ; l'appréciation de la lisibilité d'un caractère pourrait aussi différer. Mais le même observateur, prenant l'habitude d'estimer de la même manière l'instant où il déclare lisible tel caractère, peut obtenir, cela est certain, des valeurs parfaitement comparables entre elles.

En possession de cette méthode, qui pourra, je le crois, servir à diverses recherches dans plus d'un sens, je me suis posé le problème suivant: *Quelle est la quantité des poussières qui rendent opaque l'eau du lac*, tellement que la limite de visibilité[1]), dans le Léman, est en moyenne, en été de 7,3 m, en hiver de 12,5 m, au maximum de 21,0 m.

Je suis parti d'un fait général que j'ai démontré dejà en 1873. La cause principale de l'opacité des eaux d'un lac d'eau douce, tel que le Léman, réside, non dans une absorption par l'eau elle-même, mais dans la formation d'un écran par les poussières en suspension dans l'eau. Ces poussières constituent un brouillard qui, par superposition optique, finit par masquer entièrement l'objet visé et le faire disparaître à la vue[2]). Appelons assombrissement ou extinction par *occultation*, cette catégorie de phénomènes qui amènent la diminution de la transparence par formation d'un écran de corpuscules opaques optiquement superposés.

Cela étant j'ai fait les expériences suivantes pour apprécier le poids des poussières qui font écran dans l'eau du lac.

1⁰ J'ai commencé par déterminer comment se comporte dans mon tube une eau qui dans le lac me donne la limite de visibilité sous un mètre de profondeur.

Pour cela j'ai choisi un jour (le 11 juin 1894) où l'eau du lac devant Morges était relativement sale. La rivière la Morge était en état de crue par suite de pluies torrentielles: ses eaux, très chargées d'alluvion, étaient battues, à leur entrée dans le lac, par les vagues d'un vent sudois; les eaux littorales du lac en étaient salies, et un courant de surface amenait des eaux troubles le long de la côte, jusque sous le débarcadère des bateaux à vapeur. L'opacité des eaux était différente d'une place à l'autre sous ce pont; elles étaient plus troubles près de la rive qu'en avant. Aussi en passant d'une travée à l'autre de l'estacade, et en jetant dans l'eau mon disque blanc attaché à une corde graduée, j'ai bientôt trouvé le point où l'eau avait exactement sa limite de visibilité par un mètre de profondeur. J'y ai puisé un seau d'eau et l'ai apporté dans mon laboratoire.

---

[1]) J'appelle *limite de visibilité*, la profondeur à laquelle disparaît à l'œil un disque blanc de 20 cm de diamètre, descendu verticalement dans le lac. Cf. *F.-A. Forel*, le Léman II, 409 sq. Lausanne 1895.

[2]) Ibid. p. 413.

J'ai versé l'échantillon dans mon tube vertical et j'ai reconnu que cette eau me donnait la lisibilité nette des caractères du grand titre du journal l'*Estafette* de Lausanne (capitales normandes de 20 mm de hauteur, et de 7 mm de largeur des pleins).

J'ai répété l'expérience à deux reprises dans des circonstances analogues et je suis arrivé à des résultats identiques.

2° Ce premier point posé, j'avais à déterminer le poids des matières en suspension qui m'amèneraient expérimentalement à ce même résultat : lisibilité dans mon tube vertical d'un mètre de long, des gros caractères du titre de l'*Estafette*. Pour cela j'ai institué l'expérience suivante :

Je prends une argile fine ; j'en pèse une quantité suffisante ; je la délaie dans l'eau pure, et je cherche le degré de dilution qui me donne la même lisibilité dans le tube vertical.

Voici le détail de l'une de ces expériences (4 juin 1894).

Je prends de l'argile humide provenant d'un dragage profond dans le Léman, et je la délaie jusqu'à en faire une crême bien homogène. Je pèse 1,34 g de cette crême et je la laisse sécher à l'air jusqu'à poids constant; ces 1,34 g me donnent un poids de limon sec de 0,67 g; il y avait juste 50 % d'eau.

Je prends ensuite 1,10 g de ma crême (représentant d'après le témoin 55 cg de limon sec) et je la dilue dans de l'eau passée au filtre Chamberland. Je pousse la dilution jusqu'à ce que j'obtienne la lisibilité du gros titre de l'*Estafette;* j'y arrive quand les 55 cg de limon sont dilués dans 74 litres d'eau limpide.

Si je divise 55 par 74 j'obtiens 0,7. L'eau, qui m'a donné une transparence égale à celle de l'eau du lac quand celle-ci a une limite de visibilité de 1 m de profondeur, contient donc par litre 7 milligrammes de matières en suspension.

J'ai répété cette expérience plusieurs fois avec des argiles diverses. Tantôt avec des argiles sèches, délayées dans l'eau, puis décantées; tantôt avec des argiles sèches, porphyrisées, tamisées, délayées et décantées; tantôt, comme dans l'expérience que je viens de raconter, avec de l'argile humide simplement délayée[1]). C'est ce dernier procédé qui m'a donné les meilleurs résultats.

Avec les diverses substances que j'ai utilisées, je suis arrivé à des valeurs du même ordre; en voici les chiffres. La quantité de matières en suspension dans un litre d'eau qui donne un degré de lisibilité égal à celui des eaux troubles du lac dont la limite de visibilité est à 1 m de profondeur, a été:

I.	Argile du lac, sèche, délayée et décantée		9 mg
II.	id.	id.	7 „
III.	Même argile, porphyrisée, tamisée, délayée		12 „

---

[1]) Il va sans dire que les détails du manuel opératoire varient d'une argile à l'autre; la prise du témoin qui détermine la teneur de l'eau en limon doit se faire différemment. Il est inutile d'exposer les particularités de ces manœuvres très simples.

IV.	Même argile, porphyrisée tamisée, délayée	15 mg
V.	Argile du lac, humide, délayée . . .	7 „
VI.	Argile miocène de Chigny sur Morges, humide, délayée	12 „
VII.	Argile des tuileries de Mormont, humide, délayée	17 „
VIII.	Argile bleue de la seconde terrasse lacustre du Léman, Morges	16 „

Prenons un chiffre moyen 10 mg par litre. Nous estimons donc à 10 mg par litre (10 mg l) la teneur en poussières suspendues d'une eau qui dans le lac aurait une limite de visibilité par 1 m de profondeur.

3⁰ Mais une eau dont la limite de visibilité est à un mètre de profondeur est de l'eau sale, de l'eau trouble, de l'eau opaque. Les eaux limpides du Léman ont une limite de visibilité bien plus étendue; nous avons dit qu'elle atteint jusqu'à 21 m de profondeur.

Pouvons nous, du chiffre obtenu pour la limite de visibilité courte des eaux sales, arriver à la valeur des eaux à longue limite de visibilité? de la teneur des eaux opaques arriver à la teneur des eaux limpides? Pas directement; mais tout au moins nous trouverons les extrêmes que ne dépassent pas ces dernières valeurs.

J'admettrai d'abord que si une teneur en poussières suspendues de 10 mg/l arrête la limite de visibilité à 1 m, des eaux qui permettent de voir par 5 m, par 10 m, par 20 m de profondeur contiennent évidemment moins, beaucoup moins de poussières. 10 mg de poussières suspendues dans 1 litre d'eau est donc un maximum qui est loin d'être atteint dans les eaux claires et très claires du Léman.

Je crois ensuite que nous pouvons faire le raisonnement suivant. L'obstacle qui arrête la vision est un obstacle mécanique; il est formé par la superposition optique d'écrans minuscules, les poussières en suspension dans l'eau qui, lorsqu'elles sont assez nombreuses, interceptent par occultation tous les rayons visuels directs. Que ces écrans soient disposés sur un même plan ou qu'ils soient dispersés dans une masse liquide de grande épaisseur (dans les limites où nous nous mouvons ici), l'obstacle à la vue doit être de même efficacité ; la même quantité de poussières doit être nécessaire pour arrêter la vision. Je me crois donc autorisé à admettre qu'en ne nous occupant que du phénomène de l'extinction de la lumière par occultation,

si 10 mg/l donnent une limite de visibilité par . 1 m
„ 5 „ donneraient une limite de visibilité par 2 „
„ 2 „ „ „ „ „ „ „ 5 „
„ 1 „ „ „ „ „ „ „ 10 „
„ 0,5 „ „ „ „ „ „ „ 20 „

Le maximum de transparence que j'ai constaté dans le Léman, m'a donné une limite de visibilité par 21 m de profondeur, le 21 février 1891, au large d'Ouchy. D'après ce que nous venons de dire, cette eau aurait renfermé moins d'un demi milligramme de poussières minérales en suspension.

Si au lieu de poussières minérales on faisait intervenir des poussières organiques dont la densité est beaucoup plus faible, un poids moins grand encore de matières animales ou végétales devrait être suffisant pour obtenir le même effet. Il est vrai que les poussières organiques n'ont pas en général la ténuité extrême des poussières minérales d'une alluvion argileuse ; celles-ci étant lourdes, ce ne sont que les particules les plus fines qui restent en suspension. Les poussières organiques sont le plus souvent sous forme de flocons relativement gros; ceux-ci ayant la même densité que l'eau peuvent y flotter indéfiniment. Or pour une même substance la grosseur des particules est un facteur important du poids de matière qui amène l'opacité du milieu; plus les poussières sont grosses, plus est grande la quantité nécessaire pour qu'elles forment un écran opaque arrêtant la lumière.

Comme d'une autre part bon nombre des poussières, qui dans l'eau d'un lac interviennent pour fixer la limite de visibilité, sont de nature organique, et que nous ne pouvons en indiquer le volume, les chiffres donnés ci-dessus, qui se rapportent à des poussières minérales, ne peuvent pas, sans autre correction, être étendus aux faits naturels qui se jouent dans le lac. Mais je crois pouvoir admettre que si les valeurs numériques ne sont pas absolument certaines, l'ordre de grandeur qu'elles indiquent est parfaitement admissible et valable?

Par un autre procédé j'ai cherché quelle est l'épaisseur de limon qui peut arrêter la vision, rendre l'eau opaque, empêcher de distinguer un corps éclairé.

Dans une auge plate de 26 mm de largeur interne, j'ai placé 0,73 g de limon sec, délayé dans l'eau, et j'ai étendu la dilution jusqu'à ce que je fusse à la limite de la vision distincte. J'ai dû employer pour cela 1500 g d'eau passée au filtre Chamberland. Si j'attribue à ce limon sa densité de 2,6, cela me donne une couche de limon sec d'une épaisseur de 0,004 mm. Une couche de 4 millièmes de millimètres d'alluvion lacustre du Léman suffit donc, je ne dirai pas pour arrêter la lumière diffuse, mais pour empêcher de distinguer un objet éclairé. C'est là aussi une valeur extrêmement faible[1]).

Quoiqu'il en soit, en nous tenant aux chiffres donnés pour l'alluvion minérale en suspension dans l'eau qui peut causer l'opacité relative de l'eau du Léman, nous arrivons à des quantités extraordinairement faibles, quelques milligrammes, moins d'un milligramme par litre. C'est remarquablement peu; nous en jugeons par comparaison avec la quantité des sels qui sont dissous dans l'eau de ce même lac; l'eau du Léman contient 175 mg de substances solubles par litre, par conséquent 350 fois plus que de matières en suspension. Ainsi donc, au point de vue physique l'eau du Léman est, dans les beaux jours d'hiver surtout, de l'eau presque absolument pure[1]).

---

[1]) M. le professeur Ch. Dufour a montré, il y a quelques années qu'une couche de charbon d'un millième de millimètre d'épaisseur, déposée sur une lame de verre suffit à arrêter entièrement la lumière. (*Archives* I, 226 sq. Genève 1896.)

On m'a fait deux objections: 1° Vous ne tenez pas compte des autres facteurs d'absorption, entr'autres de l'absorption de la lumière par l'eau elle-même. L'eau est un liquide possédant un certain pouvoir d'absorption. A cela je répondrai: C'est vrai. Mais, si une partie de la lumière est absorbée par le liquide, en tant que liquide légèrement absorbant, j'aurai besoin d'une quantité encore moins grande de poussières opaques pour expliquer la disparition par occultation des objets descendus dans le lac aux profondeurs observées. De ce fait encore mes chiffres sont des maximums.

2° D'autre part M. le professeur Henri Dufour m'a fait remarquer que je n'ai pas le droit de passer par une simple division de la teneur en alluvion suspendue dans une couche de un mètre à celle d'une couche d'épaisseur plus forte. Quelle que soit la nature de l'obstacle qui affaiblit ou arrête la pénétration des rayons lumineux, que ce soit une occultation par des écrans minuscules ou une absorption par un milieu translucide, la quantité de lumière éteinte s'exprime par une fonction exponentielle: la fraction de lumière transmise est $I = I_0 A^x$ (loi de Bouguer[1]).

---

[1]) Et cependant J.-L. Soret dans ses recherches sur la transparence de l'eau du Léman, n'est arrivé à la limpidité absolue qu'après avoir fait reposer par décantation très longtemps prolongée toutes les poussières qui flottent encore dans le liquide. Archives XXXVII. 146, Genève 1870.

Si cela est, et je m'incline devant la parfaite compétence de l'ami qui a insisté sur cette objection, les chiffres donnés ci-dessus doivent être non des maximums mais des minimums; la quantité de matières en suspension dans les eaux du Léman doit être un peu plus forte que les milligrammes ou fractions de milligramme que j'ai indiqués page 234.

J'ai voulu en avoir le cœur net, et je me suis adressé à l'expérience. J'ai rempli mon tube vertical jusqu'à moitié hauteur, d'une eau opalinisée par de l'alluvion minérale impalpable des grands fonds du lac; j'en ai constaté la transparence par des essais de lisibilité; puis j'ai achevé de remplir le tube avec de l'eau passée au filtre Chamberland, et j'ai mélangé le tout. D'après l'objection de M. Dufour je m'attendais à trouver une diminution de l'opacité, ou si l'on veut une augmentation de la transparence dans cette eau ainsi diluée. C'est le contraire que j'ai obtenu. Je crois avoir constaté par de nombreuses répétitions de l'expérience que les caractères d'imprimerie vus à travers cette eau étaient moins distincts lorsque en surajoutant de l'eau claire j'avais, avec la même dose de poussières occultantes, augmenté l'épaisseur de la couche translucide; il est vrai que comme la lisibilité à travers des couches d'épaisseur différentes est assez difficile à comparer, d'autant plus que l'observation des deux lisibilités n'est pas simultanée mais consécutive, il pouvait y avoir un peu de doute sur la valeur de l'expérience.

---

[1] A est le coefficient du transmission pour l'unité d'épaisseur traversée, un décimètre p. ex., ou un mètre. x est l'épaisseur en décimètres ou en mètres.

Mais j'ai obtenu une observation parfaitement certaine en me plaçant à la limite de l'opacité absolue. Je remplis à moitié le tube vertical d'une eau troublée par de l'alluvion lacustre et amenée jusqu'à la dernière limite de l'extinction de la lumière; je vois encore un peu de lumière diffuse, des traces à peine dicernables, mais cependant certaines. Après cela j'ajoute de l'eau limpide qui achève de remplir le tube, j'agite le tout pour avoir un mélange bien homogène et alors, quand j'essaye de regarder au travers de l'eau, toute trace de lumière diffuse a disparue; l'opacité absolue est atteinte.

J'ai répété l'expérience dans des conditions plus exagérées encore, en partant d'une quantité d'eau limoneuse très faible, en remplissant seulement le dixième du tube vertical, et j'ai à plusieurs reprises obtenu le même résultat. J'ai répété l'expérience avec du lait, même résultat.

Voici l'expérience la plus démonstrative que j'ai établie:

Par un tuyau de caoutchouc descendant jusqu'au fond du tube vertical je verse environ un décilitre d'eau trouble qui amène presque l'opacité absolue; il passe cependant encore un peu de lumière diffuse à travers cette couche d'un décimètre d'épaisseur. J'achève de remplir le tube vertical en y versant 9 décilitres d'eau passée au filtre Chamberland. Résultat immédiat: Opacité absolue. Je dilue progressivement cette masse opaque jusqu'à ce que je commence à voir passer les premières traces de lumière diffuse à travers une couche d'un mètre d'épaisseur; je n'y arrive qu'après avoir ajouté 6 litres d'eau claire à mon litre d'eau opaque.

De cela je dois conclure:

Ou bien si, comme le dit M. Dufour, la fonction exponentielle est applicable à l'extinction de la lumière par occultation, dans mon expérience le coefficient d'occultation par les écrans minuscules des poussières minérales ou organiques est plus faible que le coefficient d'absorption par l'eau limpide passée au filtre Chamberland. Ce serait bien difficile à admettre étant donné la splendide transparence de cette eau.

Ou bien l'extinction de la lumière par occultation, au moyen des écrans minuscules des poussières en suspension, est soumise à une autre loi que l'extinction de la lumière par absorption d'un milieu fluide physiquement homogène. Est-elle simplement proportionelle à la quantité des poussières en suspension, quelle que soit l'épaisseur du milieu limpide dans lequel ces poussières sont suspendues ? Cela me paraît probable, mais je n'ai pas encore su instituer une expérience qui le démontre.

Quoiqu'il en soit, la conclusion générale que je tire de ces recherches est que les matières en suspension dans les eaux limpides du Léman sont en quantité extrêmement faibles. Ces eaux sont presque pures au point de vue physique.

Über Digitalis purpurea L.

Von

Casimir Nienhaus.

Der Fingerhut ist unbestritten unter den vielen Arzneimitteln, die bei Erkrankungen des Herzens Verwendung finden, das wichtigste. Die weitverbreitete Pflanze, die übrigens der Flora unseres Landes nicht angehört, fand schon im XI. Jahrhundert zur Herstellung äusserlich gebrauchter Arzneimittel Verwendung. In den Jahren 1640 und 1650 wird Digitalis zuerst unter den Arzneipflanzen genannt und seit 1775 hat die Drogue ihren hervorragenden Platz im Arzneischatze unter den heroischen Mitteln erobert.

Die üppig entwickelten Laubblätter sind unter dem Namen Folia Digitalis gebräuchlich; sie werden entweder als solche gebraucht oder sie dienen zur Herstellung einer Anzahl wichtiger, galenischer Präparate. Es gibt wenige Arzneimittel, von denen der Arzt eine so prompte Wirkung wünscht, erwartet und verlangt, wie von der Digitalis. Aus diesem Grunde ist es von der grössten Wichtigkeit, dass die Drogue in bester Qualität verabreicht wird und dass die daraus dargestellten Präparate nach rationellen Methoden gemacht werden.

Merkwürdigerweise sind die schon lange gebräuchlichen, auf rein empirischem Wege erhaltenen Präparate auch heute noch vollständig zweckentsprechend. Die Bemühungen der modernen pharmazeutischen Chemie sind selbstverständlich darauf gerichtet gewesen, aus der wichtigen Drogue das s. g. wirksame Prinzip zu gewinnen, um damit dem Arzte ein unfehlbares Mittel zu Verfügung zu stellen. Die auf diesem Wege erzielten Resultate haben bisher noch nicht den gewünschten Erfolg gehabt.

Seit dem Jahre 1845 sind vielfache Versuche in dieser Richtung gemacht worden. Die aus der Digitalis gewonnenen Präparate dieser Art erhielten zunächst den Namen „Digitalin“ und die Anzahl solcher Digitaline ist eine recht beträchtliche. Dieselben sind jeweilen nach den Autoren getauft worden, so Digitaline Homolle, Lancelot, Lebordais, Schmiedeberg, Walz, Kosmann; dazu kommen noch Digitalinum verum und purum. Dieser embarras de richesse beweist von vornherein, dass diese verschiedenen Präparate nicht einheitlichen Charakter haben, d. h. nicht reine Substanzen im chemischen Sinne sein können. Sie sind eins nach dem anderen erschienen und mit mehr oder weniger Reklame empfohlen worden, um über kurz oder lang der Vergessenheit anheimzufallen. Der Mediziner ist bis auf den heutigen Tag immer wieder zur Digitalis selbst zurückgekehrt.

Die häufigste und beliebteste Art der Verabreichung besteht darin, dass die besonders präparierten Blätter mit heissem Wasser ausgezogen werden. Wir wollen nun auch das Wort „Digitalin“ gebrauchen und damit eine glykoside Substanz bezeichnen, die bei der Behandlung mit Wasser eine Spaltung erfährt in Glykose (Traubenzucker) und ein zweites Spaltungsprodukt, das in diesem Falle die Wirkung bedingt.

Es liegt nun die Möglichkeit vor, diesen Vorgang zu kontrollieren. Wird die Digitalis in kochendes Wasser gebracht, dann umgerührt und sofort eine Probe abfiltriert, dann findet man in letzterer schon Glykose. Die Quantität lässt sich nach bekannten Methoden bestimmen und so kann man sich ein Urteil verschaffen über die relative und eventuell auch über die absolute Menge der zur Wirkung kommenden Substanz. Unter allen Umständen kann man den Zeitpunkt bestimmen, in dem der Glykosegehalt nicht mehr zunimmt, also die Operation beendigt ist. Um sich über die Wirksamkeit einer Digitalis ein massgebendes Urteil zu verschaffen, könnte man die Quantität Glykose vorschreiben, die ein wässriger Digitalisauszug, z. B. im Verhältnis von 1 zu 10 Wasser, zum mindesten haben soll. Die Quantität des wirksamen Spaltungsproduktes ist der Menge der gefundenen Glykose proportional. Die Spaltung der glykosiden Substanz geht vor sich unter dem Einflusse der Eiweisstoffe, die im Gewebe des Blattes enthalten sind. In den seltenen Fällen, in denen Digitalis in Substanz gegeben wird, wird die Spaltung durch die Mitwirkung des Speichels und des Magensaftes wesentlich begünstigt. In beiden Fällen muss die Wirkung der Drogue der Spaltung glykosider Inhaltstoffe zugeschrieben werden.

Die bis auf den heutigen Tag fortgesetzten Untersuchungen haben als ferneres Resultat ergeben, dass ein anderer, in Alkohol löslicher Inhaltstoff, das „Digitoxin“, ebenfalls die spezifische Wirkung der Digitalis repräsentiere. Dadurch erklärt sich dann die Wirksamkeit der Digitalistinkturen, die früher viel mehr gebraucht wurden, wie zur Zeit. Sowohl in der alkoholischen, wie in der ätherischen Tinktur muss das Digitoxin der wirksame Stoff sein, da dasselbe in Alkohol und Äther, nicht aber in Wasser löslich ist.

Digitalisextrakte haben nie seitens der Mediziner grosse Beachtung gefunden. Dagegen war vor 30, 40

Jahren der Fingerhut-Essig, Acetum Digitalis, ein sehr geschätztes Arzneimittel. Dasselbe ist vollständig in Vergessenheit geraten und doch ist einer solchen Art der Darreichung die Berechtigung nicht abzusprechen. Bei Blutungen leistete das Mittel gute Dienste.

In vorstehendem ist einmal von „besonders präparierten“ Digitalisblättern die Rede gewesen. Das Blatt weist sehr eigentümliche anatomische Verhältnisse auf. Von der starken Mittelrippe zweigen sich primäre Seitenrippen ab, die bis in die Nähe des Blattrandes verlaufen. Zwischen den letzteren tritt eine sekundäre Nervatur auf, die dem Gewebe des Blattes auch äusserlich eine sehr zierliche Zeichnung verleiht. Untersuchungen hatten ergeben, dass die Haupt- und die starken Seitenrippen quantitativ weniger reich an den besprochenen Inhaltstoffen seien. Die Beobachtung führte dahin, dass findige Apotheker, die in der Nähe Digitalis sammeln konnten, diese Stränge so viel wie möglich aus dem Blattgewebe entfernten und sich dann für die so gereinigte Ware horrende Preise bezahlen liessen.

Neuerdings ist nun eine Untersuchung veröffentlicht worden, nach der die Nervatur ebenso wirksam sein soll, wie das Mesophyll des Blattes.

Wie ich schon andeutete, haben die wissenschaftlichen Bestrebungen, vollständige Klarheit über die Inhaltstoffe der überaus wichtigen Arzneipflanze zu schaffen, bis jetzt noch keineswegs ihren Abschluss gefunden; aus dem bisher gefundenen geht aber mit Sicherheit hervor, dass die Darreichungsformen der Digitalis, wie sie von der Pharmazie schon seit langer Zeit geboten wurden, ihre volle Berechtigung hatten, ja dass in diesem Falle die Empirie nachträglich ihre wissenschaftliche Begründung gefunden hat und ihre Ehre gerettet sieht.

Über ungesättigte Säuren.

(Mitteilung aus der chemischen Anstalt der Universität im Bernoullianum.)

Von

Fr. Fichter.

In der folgenden Abhandlung soll *eine Beziehung zwischen der Leitfähigkeit einbasischer ungesättigter Säuren und der Stellung der Doppelbindung in der Molekel* besprochen werden. Um aber zunächst den Gedankengang darzulegen, der zu dieser Untersuchung geführt hat, gebe ich in einem ersten Kapitel eine kurze Zusammenstellung einiger Arbeiten über ungesättigte Säuren, die ich mit verschiedenen Mitarbeitern von 1896—1902 in den Räumen der chemischen Anstalt im Bernoullianum ausführte. Im zweiten Kapitel ist das Hauptthema erörtert, und ich betrachte es als einen glücklichen Umstand, dass ich meinem Lehrer in Physik, unserm hochverehrten Herrn Jubilar, hiemit eine Untersuchung widmen kann, in welcher physikalische, speziell elektrische Messungen, eine so wesentliche Rolle spielen.

I. Kapitel.

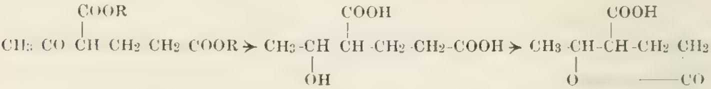
Synthesen ungesättigter Säuren.

1. Die $\gamma\delta$-ungesättigten Säuren.

Durch Reduktion von Acetoglutarsäureester[1]) mit Natriumamalgam in wässrig-alkoholischer Lösung entsteht unter gleichzeitiger Verseifung die δ-Oxy-α-äthylglutarsäure resp. die ihr entsprechende δ-Caprolacton-γ-carbonsäure:

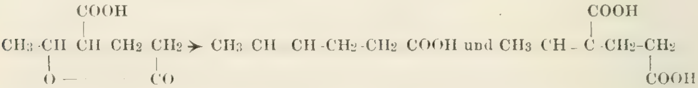
---

[1]) *Wislicenus & Limpach,* Ann. d. Chem. **192**, 128.



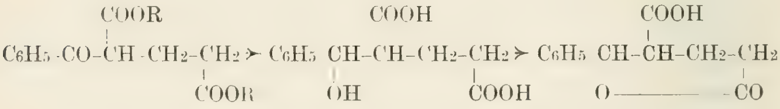
$$CH_3\cdot CO\cdot \overset{COOR}{\overset{|}{C}H}\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot COOR \rightarrow CH_3\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{C}H\ \overset{COOH}{\overset{|}{C}H}\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH \rightarrow CH_3\text{-}\underset{\underset{O}{|}}{C}H\text{-}\overset{COOH}{\overset{|}{C}H}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\text{———}CO}{CH_2}$$

Bei der trockenen Destillation verliert diese Säure Kohlendioxyd und Wasser und liefert nebeneinander die γδ-Hexensäure und die α-Äthylidenglutarsäure[2]):



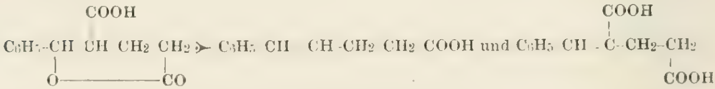
$$CH_3\text{-}\underset{\underset{O\,—}{|}}{C}H\ \overset{COOH}{\overset{|}{C}H}\ CH_2\ \underset{\underset{CO}{|}}{CH_2} \rightarrow CH_3\ CH\ \ CH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\ COOH\ \text{und}\ CH_3\ CH - \overset{COOH}{\overset{|}{C}}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{COOH}{|}}{CH_2}$$

In vollkommen analoger Weise gelangt man durch Reduktion des Benzoylglutarsäureesters zur δ-Oxy-α-benzylglutarsäure und zur δ-Phenyl-δ-Valerolacton-γ-carbonsäure:



$$C_6H_5\text{-}CO\text{-}\overset{COOR}{\overset{|}{C}H}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{COOR}{|}}{CH_2} \rightarrow C_6H_5\ \underset{\underset{OH}{|}}{C}H\text{-}\overset{COOH}{\overset{|}{C}H}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{COOH}{|}}{CH_2} \rightarrow C_6H_5\ \underset{\underset{O}{|}}{C}H\text{-}\overset{COOH}{\overset{|}{C}H}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{\text{———}CO}{|}}{CH_2}$$

die ihrerseits bei der trockenen Destillation nebeneinander Phenyl-γδ-pentensäure und wenig α-Benzylidenglutarsäure liefert[3]):



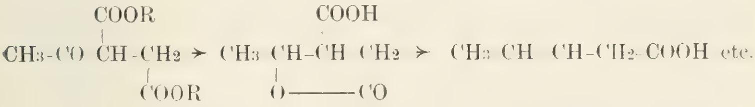
$$C_6H_5\text{-}\underset{\underset{O\text{————}}{|}}{C}H\ \overset{COOH}{\overset{|}{C}H}\ CH_2\ \underset{\underset{CO}{|}}{CH_2} \rightarrow C_6H_5\ CH\ \ CH\text{-}CH_2\ CH_2\ COOH\ \text{und}\ C_6H_5\ CH\ \text{-}\ \overset{COOH}{\overset{|}{C}}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{COOH}{|}}{CH_2}$$

Diese beiden Reaktionsreihen repräsentieren eine der Verallgemeinerung fähige Synthese γδ-ungesättigter Säuren, welche sich direkt anschliesst an die Reduktion des Acetobernsteinsäureesters[4]) zu Methylparaconsäure und die Destillation der letzteren zur Gewinnung von $\beta\gamma$-Pentensäure neben Methylcitra- und Methylitaconsäure[5]):

---

[2] *Fichter*, Ber. d. d. chem. Ges. **29**, 2367.

[3] *Alex. Bauer*, Diss. Basel 1898 und Ber. d. d. chem. Ges. **31**, 2001.



$$CH_3{-}CO{-}\overset{COOR}{CH}{-}\underset{COOR}{CH_2} \rightarrow CH_3{-}\underset{O}{CH}{-}\overset{COOH}{CH}{-}\underset{CO}{CH_2} \rightarrow CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}COOH \text{ etc.}$$

Die Zwischenprodukte der oben geschilderten Synthese sind die interessanten δ-Lactonsäuren, welche die Unbeständigkeit des δ-Lactonringes in deutlichster Weise zeigen: die diesbezüglichen Beobachtungen sind seither von *Stobbe*[6]) an andern Beispielen bestätigt worden. Die erhaltenen $\gamma\delta$-ungesättigten Säuren dienten in erster Linie dazu, unsre Kenntnisse dieser Säureklasse, von der bis dahin nur die Allylessigsäure zugänglich war, nach verschiedenen Richtungen zu vermehren und zu befestigen. So konnte die von *Fittig* aus Versuchen an der Allylessigsäure gefolgerte Vermutung[7]), dass $\gamma\delta$-ungesättigte Säuren beim Kochen mit Natronlauge **nicht** umgelagert werden, im vollen Umfange bestätigt werden: die Indifferenz gegen kochende Natronlauge ist das charakteristische Unterscheidungsmerkmal der $\gamma\delta$-ungesättigten Säuren gegenüber den $\beta\gamma$-ungesättigten, mit welchen sie sonst viele Ähnlichkeit besitzen. Dann hat die $\gamma\delta$-Hexensäure auch zu verschiedenen physikalischen Messungen gedient, wodurch unsre Erfahrungen bezüglich des Einflusses der Stellung der doppelten Bindung innerhalb der Molekel einer ungesättigten Säure erweitert werden konnten.[8])

---

[4]) Die sich am Besten mit Aluminiumamalgam durchführen lässt.

[5]) *Fittig & Spenzer*, Ann. d. Chem. **283**, 66.

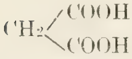
[6]) *H. Stobbe*, Ann. d. Chem. **314**, 120.

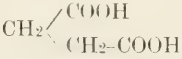
[7]) Ann. d. Chem. **283**, 63.

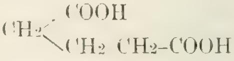
Von der als Nebenprodukt dei der Darstellung der $\gamma\delta$-Hexensäure erhaltenen α-Äthylidenglutarsäure und ihren Verwandten soll in einem besondern Abschnitt noch weiter die Rede sein.

Einen andern Weg zur Darstellung $\gamma\delta$-ungesättigter Säuren hatte schon *Fittig* eingeschlagen, aber ohne den gewünschten Erfolg zu erzielen. Wie Natriumsuccinat bei Gegenwart von Essigsäureanhydrid sich mit allen möglichen Aldehyden kondensieren liess zu den substituierten Paraconsäuren[9]) (deren Destillation dann $\beta\gamma$-ungesättigte Säuren ergiebt), so sollte Natriumglutarat unter denselben Bedingungen δ-Lactonsäuren geben: aber die Kondensationen mit Benzaldehyd und Valeraldehyd lieferten nicht die gewünschten Lactonsäuren, sondern zweibasische ungesättigte Säuren[10]), und verliefen mit ganz unbefriedigender Ausbeute.

Betrachten wir nun einmal die Kondensationsfähigkeit der zweibasischen Fettsäuren:


Malonsäure


Bernsteinsäure


Glutarsäure

so ergiebt sich, dass die Malonsäure mit Aldehyden sofort schon bei gewöhnlicher oder nur wenig erhöhter Temperatur, bei Gegenwart von allen möglichen Kondensationsmitteln leicht reagiert, weil ihre Methylengruppe rechts und links von der stark negativen Carboxylgruppe flankiert ist. In der Bernsteinsäure lassen sich Kondensationen auch noch ziemlich leicht erzielen, nach der *Perkin-Fittig*'schen oder nach der *Claisen*'schen Methode — ihre reaktionsfähige Methylengruppe wird von einer Carboxylgruppe direkt, von der andern nur indirekt über ein Atom hinweg beeinflusst. In der Glutarsäure endlich kann die α-Methylengruppe nur von *einer* Carboxylgruppe beeinflusst werden; die andere ist zu weit davon entfernt.

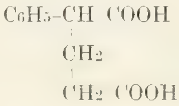
---

[8]) Refraktionsmessung, briefl. Mitt. d. H. Prof. *J. F. Eykman*, aus Amsterdam, vom 27. XII. 1896. Messung der optischen Drehung des Mentholesters, vergl. Vortrag d. H. Dr. *Hans Rupe* in der Naturforschenden Ges. am 14. V. 1902. Leitfähigkeitsmessung, siehe II. Kapitel.

[9]) Ann. d. Chem. **255**, 1.

[10]) Ann. d. Chem. **282**, 334.

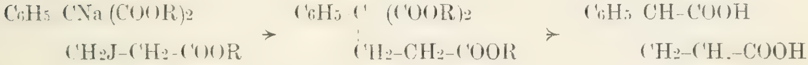
Wir können aber wenigstens *einem* Wasserstoffatom der Methylengruppe der Glutarsäure die Beweglichkeit eines Wasserstoffatoms der Malonsäure verschaffen, wenn wir eine zweite negative Gruppe in die α-Stellung einführen, z. B. die Penylgruppe:



$$\begin{array}{l} C_6H_5\text{-}CH\cdot COOH \\ \quad\ | \\ \quad\ CH_2 \\ \quad\ | \\ \quad\ CH_2\cdot COOH \end{array}$$

Das zwischen Phenyl und Carboxyl stehende Methinwasserstoffatom ist nun in der That sehr reaktionsfähig geworden.

α-Phenylglutarsäure[11]) resultiert aus der Einwirkung von β-Jodpropionester auf Natrium-Phenylmalonester und Verseifung des erhaltenen Produkts:



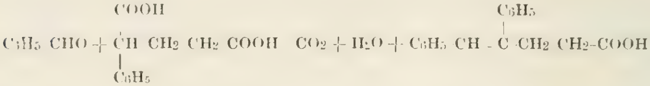
$$\begin{array}{l} C_6H_5\ CNa(COOR)_2 \\ CH_2J\text{-}CH_2\text{-}COOR \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} C_6H_5\ C\ (COOR)_2 \\ \quad\ | \\ CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOR \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} C_6H_5\ CH\text{-}COOH \\ CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH \end{array}$$

Die auch in anderer Beziehung (leichte Anhydridbildung etc.) interessante α-Phenylglutarsäure kondensiert sich in Form ihres Natriumsalzes bei Gegenwart von

---

[11]) *Otto Merckens*, Diss. Basel 1902. und Ber. d. d. chem. Ges. **34**, 4174.

Essigsäureanhydrid unter Kohlendioxydabspaltung mit Benzaldehyd zur $\gamma\delta$-Diphenylallylessigsäure nach:



$$C_6H_5\ CHO + \underset{\displaystyle C_6H_5}{\overset{\displaystyle COOH}{CH}}\ CH_2\ CH_2\ COOH \quad CO_2 + H_2O + C_6H_5\ CH - \overset{\displaystyle C_6H_5}{C} - CH_2\ CH_2-COOH$$

wodurch also die gewünschte Synthese einer $\gamma\delta$-ungesättigten Säure erreicht ist. Die Reaktion schliesst sich in jeder Beziehung der von *W. H. Perkin*[12]) durchgeführten ***direkten*** Synthese (ohne Isolierung der Penylparaconsäure) der sogenannten Phenylisocrotonsäure oder richtiger Phenylvinylessigsäure an; die Reaktion von ***Merckens*** kann durch Anwendung andrer Aldehyde leicht ausgedehnt werden, wobei allerdings die Kosten der Gewinnung der α-Phenylglutarsäure erschwerend ins Gewicht fallen.

Aber noch eine dritte Methode musste für die Gewinnung der $\gamma\delta$-ungesättigten Säuren berücksichtigt werden. *W. H. Perkin* kondensierte[13]) Zimmtaldehyd mit essigsaurem Natrium bei Gegenwart von Essigsäureanhydrid zur sogenannten Cinnamenylacrylsäure:

$$C_6H_5\ CH - CH-CHO + CH_3-COOH \succ C_6H_5\ CH \quad CH-CH \quad CH-COOH$$

und reduzierte diese mit Natriumamalgam zur Hydrocinnamenylacrylsäure. Man weiss heute, auf Grund klassischer Untersuchungen von *Fittig*[14]), *v. Baeyer*[15]) und *Thiele*[16]), dass die Reduktion einer Säure mit in der angedeuteten Weise hintereinander liegenden zwei Doppelbindungen zu einer Säure mit nur einer Doppelbindung zwischen den beiden ursprünglichen führt —

---

[12]) Jahresber. ü. d. Fortschritte d. Chemie 1877, 790.

[13]) Loc. cit. 791.

[14]) Ann. d. Chem. **227**, 31, **225**, 12.

[15]) Ann. d. Chem. **251**, 278, **256**, 1.

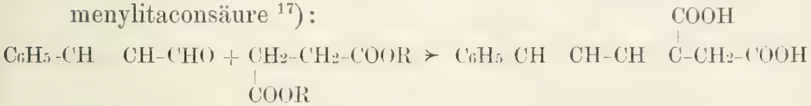
[16]) Ann. d. Chem. **306**, 87.

dass also *Perkin*'s Hydrocinnamenylacrylsäure nur die Formel einer $\beta\gamma$-ungesättigten Säure besitzen kann:

$$C_6H_5\text{-}CH_2\ CH = CH\ CH_2\text{-}COOH$$

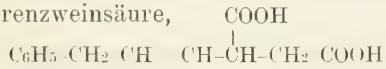
Wie hier *Perkin* aus einer $\alpha\beta$-$\gamma\delta$-ungesättigten Säure durch Reduktion zu einer $\beta\gamma$-ungesättigten Säure gelangt war, gerade so sollte man durch Reduktion einer $\beta\gamma$-$\delta\varepsilon$-ungesättigten Säure zu einer $\gamma\delta$-ungesättigten Säure kommen können.

Zimmtaldehyd kondensiert sich mit Bernsteinsäureester bei Gegenwart von Natriumaethylat zur Cinnamenylitaconsäure [17]):



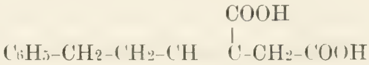
$$C_6H_5\text{-}CH\quad CH\text{-}CHO + \underset{\displaystyle COOR}{\underset{|}{C}}H_2\text{-}CH_2\text{-}COOR \succ C_6H_5\ CH\quad CH\text{-}CH\quad \overset{\displaystyle COOH}{\overset{|}{C}}\text{-}CH_2\text{-}COOH$$

Wenngleich das Produkt in Beziehung auf die endständige Carboxylgruppe die verlangte Konstitution einer $\beta\gamma$-$\delta\varepsilon$-ungesättigten Säure besitzt, so gelang es doch nicht, die gewünschte Synthese durchzuführen, denn die mittelständige Carboxylgruppe liess sich in keiner Weise abspalten. Der glatte Verlauf der Reduktion zur Phenäthylidenbrenzweinsäure,



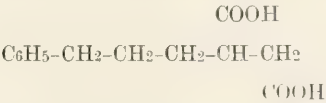
$$C_6H_5\text{-}CH_2\ CH\quad CH\text{-}\overset{\displaystyle COOH}{\overset{|}{C}}H\text{-}CH_2\ COOH$$

die Umlagerung der letzteren durch siedende Natronlauge zur Phenäthylitaconsäure,



$$C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH\quad \overset{\displaystyle COOH}{\overset{|}{C}}\text{-}CH_2\text{-}COOH$$

und die schliessliche Reduktion zur Phenäthylbrenzweinsäure



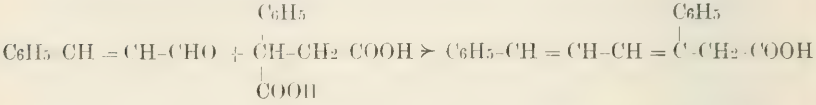
$$C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\overset{\displaystyle COOH}{CH}\text{-}\underset{\displaystyle COOH}{CH_2}$$

konnte dem genannten Übelstand nicht abhelfen.

---

[17]) *Sylvain Hirsch*. Diss. Basel 1900. I. Abhandlg., und Ber. d. d. chem. Ges. **34**, 2188.

Wenn aber die Einführung einer Phenylgruppe in α-Stellung bei der Glutarsäure ohne weiteres die Kondensation mit Benzaldehyd unter Kohlendioxydabspaltung bewirkt hatte, so waren ähnliche Resultate zu erwarten bei der Kondensation von Zimmtaldehyd mit Phenylbernsteinsäure — dieselbe muss nach:



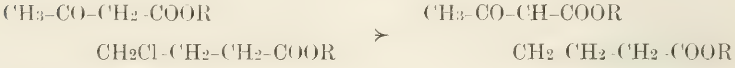
$$C_6H_5\text{-}CH{=}CH\text{-}CHO + \underset{\displaystyle COOH}{\overset{\displaystyle C_6H_5}{CH}}\text{-}CH_2\text{-}COOH \succ C_6H_5\text{-}CH{=}CH\text{-}CH{=}\overset{\displaystyle C_6H_5}{C}\text{-}CH_2\text{-}COOH$$

verlaufen zur Bildung einer $\beta\gamma$-$\delta\varepsilon$-ungesättigten *ein*basischen Säure und so zum Ziele führen [18].

Damit würden wir drei unabhängige Methoden zur Gewinnung $\gamma\delta$-ungesättigter einbasischer Säuren besitzen.

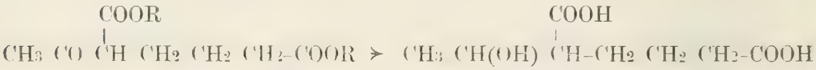
2. Die $\delta\varepsilon$-ungesättigten Säuren.

Im Anschluss an die erste Methode, die zur Gewinnung von $\gamma\delta$-ungesättigten Säuren geführt hatte, wurde Acetessigester mit γ-Chlorbuttersäureester kombiniert zum Acetyladipinsäureester [19]:



$$\begin{array}{l} CH_3\text{-}CO\text{-}CH_2\text{-}COOR \\ \qquad CH_2Cl\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOR \end{array} \succ \begin{array}{l} CH_3\text{-}CO\text{-}CH\text{-}COOR \\ \qquad CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOR \end{array}$$

woraus durch Reduktion unter gleichzeitiger Verseifung ε-Oxy-α-aethyladipinsäure resultiert:



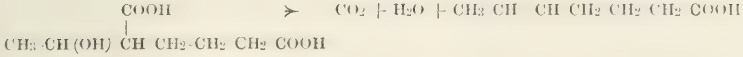
$$CH_3\text{-}CO\text{-}\overset{\displaystyle COOR}{CH}\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOR \succ CH_3\text{-}CH(OH)\text{-}\overset{\displaystyle COOH}{CH}\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH$$

Diese ε-Oxysäure ist zur Lactonbildung nicht mehr befähigt. Sie giebt bei der trockenen Destillation unter Abspaltung von Wasser und Kohlendioxyd die *δε*-Heptensäure:

---

[18] Herr *Ernst Grether* ist mit diesen Versuchen beschäftigt.

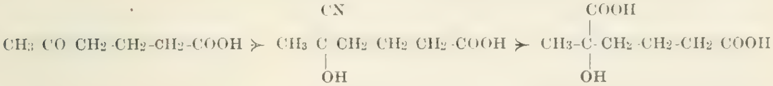
[19] *Eugen Gully*. Diss. Basel 1897, und Ber. d. d. chem. Ges. **30**, 2047.



$$\overset{\displaystyle COOH}{\underset{|}{}}\mathrm{CH_3{\cdot}CH(OH)\,CH\;CH_2{-}CH_2\;CH_2\;COOH} \succ \mathrm{CO_2 + H_2O + CH_3\;CH\;\;CH\;CH_2\;CH_2\;CH_2\;COOH}$$

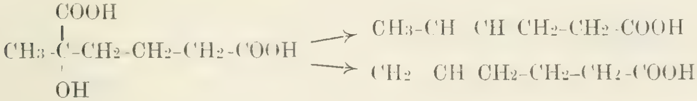
(daneben entstehen kleine Mengen einer zweibasischen ungesättigten Säure, wahrscheinlich Äthylidenadipinsäure).

Die normale *δε*-Hexensäure wird auf folgendem Weg dargestellt [20]). *γ*-Acetobuttersäure [21]) addiert Cyanwasserstoff zu einem Cyanhydrin, das bei der Verseifung die *α*-Methyl-*α*-oxyadipinsäure liefert:



$$\mathrm{CH_3\;CO\;CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH} \succ \mathrm{CH_3\;\overset{CN}{\underset{OH}{C}}\;CH_2\;CH_2\;CH_2{-}COOH} \succ \mathrm{CH_3{-}\overset{COOH}{\underset{OH}{C}}{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2\;COOH}$$

bei der Destillation giebt diese unter Abspaltung von Wasser und Kohlendioxyd nebeneinander die *γδ*- und die *δε*-Hexensäure:



$$\mathrm{CH_3{-}\overset{COOH}{\underset{OH}{C}}{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH} \begin{array}{l} \longrightarrow \mathrm{CH_3{-}CH\;\;CH\;CH_2{-}CH_2{-}COOH} \\ \longrightarrow \mathrm{CH_2\;\;CH\;CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH} \end{array}$$

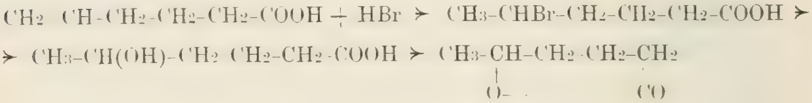
(daneben entsteht noch eine zweibasische ungesättige Säure). Die *γδ*- und die *δε*-Hexensäure können auf Grund der verschiedenen Löslichkeitseigenschaften ihrer Baryumsalze von einander getrennt werden.

Die zwei *δε*-ungesättigten Säuren, die einer ganz neuen Klasse angehören, zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei der Addition von Halogenwasserstoff und darauf erfolgendem Austausch des Halogenatoms gegen Hydroxyl δ-Lactone ergeben nach:

---

[20]) *Werner Langguth*, Diss. Basel 1897, II. Teil, und Ber. d. d. chem. Ges. **30**, 2050; Ann. d. Chem. **313**, 371.

[21]) *L. Wolff*, Ann. d. Chem. **216**, 129.



$$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH + HBr \rightarrow CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_3{-}CH(OH){-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH \rightarrow CH_3{-}\underset{O-\!-}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{CO}{CH_2}$$

Speziell das hier als Beispiel angeschriebene Lacton ist mit aller Sicherheit mit dem bekannten δ-Caprolacton[22] identificiert worden[23]).

Zum Vergleich mögen noch in einer kleinen Tabelle die Eigenschaften der neu erhaltenen γδ- und δε-ungesättigten Säuren mit den bekannten isomeren Vertretern zusammengestellt werden:

	Pentensäuren.		**Hexensäuren.**		**Heptensäuren.**
αβ	Sm. 9°,5–10°,5. Sd. 200–201°.	αβ	Sm. 33°. Sd. 216–217°.		–
βγ	flüssig. Sd. 194°.	βγ	flüssig. Sd. 208°,5.	βγ	flüssig. Sd, 226–228°.
γδ	flüssig. Sd. 186–187°.	γδ	Sm. 15°. Sd. 206°,5.		—
		δε	flüssig. Sd. 204°.	δε	flüssig. Sd. 222–224°.
				(εζ	flüssig. Sd. 225–227°)[23])

Phenylpentensäuren.

αβ Sm. 104°.
βγ Sm. 31°.
γδ Sm. 90–91°.

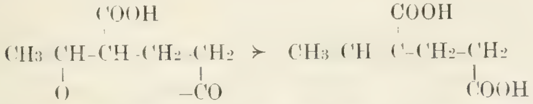
---

[22]) *L. Wolff*, Ann. d. Chem. **216**, 134.

[23]) *O. Wallach*, Ann. d. Chem. **312**, 171 beschrieb einige Jahre später anscheinend dieselbe δε-Hexensäure, sowie eine δε-Decylensäure und eine εζ-Heptylensäure: er erhielt die Körper durch die *Beck-*

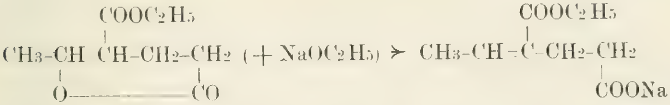
3. Die α-Äthylidenglutarsäure und ihre Verwandten.

Als Nebenprodukt bildet sich bei der Darstellung der γδ-Hexensäure aus der Capro-δ-lacton-γ-carbonsäure eine sehr schön krystallisierte zweibasische ungesättigte Säure, die als α-Äthylidenglutarsäure aufzufassen ist und nach folgender Umlagerung entsteht:



$$CH_3\cdot\underset{\textstyle O}{CH}-\overset{\textstyle COOH}{CH}-CH_2-\underset{\textstyle -CO}{CH_2} \succ CH_3\cdot CH=\overset{\textstyle COOH}{C}-CH_2-\underset{\textstyle COOH}{CH_2}$$

Der Beweis für ihre Konstitution liegt in der Thatsache, dass dieselbe Säure erhalten wird durch Behandlung des Capro-δ-lacton-γ-carbonsäureesters mit Natriumaethylat[24]):



$$CH_3-\underset{\textstyle O\text{———}}{CH}\;\overset{\textstyle COOC_2H_5}{CH}-CH_2-\underset{\textstyle CO}{CH_2}\;(+\,NaOC_2H_5) \succ CH_3-CH=\overset{\textstyle COOC_2H_5}{C}-CH_2-\underset{\textstyle COONa}{CH_2}$$

d. h. also nach einer Reaktion, welche zur Umlagerung von homologen Paraconsäuren in die entsprechenden Itaconsäuren dient.[25]). Die α-Äthylidenglutarsäure steht in demselben Verhältnis zur Capro-δ-lacton-γ-carbonsäure wie die Äthylidenbernsteinsäure oder Itaconsäure zur Valerolacton-β-carbonsäure oder Paraconsäure.

---

mann'sche Umlagerung der Oxime cyclischer Ketone zu „Isoximen". Aufspaltung der erhaltenen Ringe zu Amidosäuren mit Fernstellung der Amidogruppe, und Umwandlung der letzteren durch salpetrige Säure zu Oxysäuren und daneben auftretende ungesättigte Säuren. *Wallach* giebt für δε-Hexensäure den Siedepunkt zu 208-210° an, während wir — zuletzt bei der Darstellung von 30 gr. reiner Säure — nur 203-204° (Thermometer ganz im Dampf) beobachteten. Die *Wallach*'sche Angabe ist entschieden zu hoch.

[24]) *August Eggert*, Diss. Basel 1898 und Ber. d. d. chem. Ges. **31**, 1998.

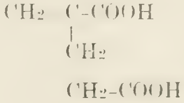
[25]) *W. Roser*, Ann. d. Chem. **220**, 254; *R. Fittig*, Ann. d. Chem. **256**, 50.

Die α-Äthylidenglutarsäure besitzt nun ein grosses Interesse wegen ihrer Verwandschaft zu einem Körper, den *v. Pechmann*[26]) durch Polymerisation von Crotonsäureester erhalten hat: seine sogenannte Dicrotonsäure besitzt die Konstitution einer α-Äthyliden-β-methylglutarsäure und ist ein höheres Homologes der α-Äthylidenglutarsäure.

Die α-Äthyliden-β-methylglutarsäure nimmt nach *v. Pechmann* eine merkwürdige Ausnahmestellung ein. Nach einer empirischen, von *Ostwald*[27]) aufgefundenen Regel wächst das Äquivalentleitvermögen des Natriumsalzes einer n-basischen Säure um rund 10n Einheiten, wenn die Verdünnung der untersuchten Lösung getrieben wird von 1/32 normal bis zu 1/1024 normal. Diese Regel bietet ein Mittel, um die Basizität einer Säure zu bestimmen, indem man die Äquivalentleitfähigkeit des Natriumsalzes derselben bei den genannten Verdünnungen misst, die Differenz nimmt und diese durch 10 dividiert: eine zweibasische Säure würde eine Differenz von rund 20 Einheiten ergeben müssen.

Zweifellos ist die α-Äthyliden-β-methylglutarsäure eine zweibasische Säure — aber trotzdem macht diese Differenz bei ihr nur 11,9 Einheiten aus.

v. Pechmann[28]) hat auch den Acrylsäureester polymerisiert und aus demselben eine zweibasische ungesättigte Säure gewonnen, die als α-Methylenglutarsäure



$$\begin{array}{ll} CH_2 & C\text{-}COOH \\ & \,| \\ & CH_2 \\ & \\ & CH_2\text{-}COOH \end{array}$$

---

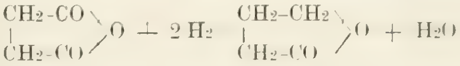
[26]) Ber. d. d. chem. Ges. **33**, 3323.

[27]) Vergl. z. B. Ber. d. d. chem. Ges. **21**, 3534.

[28]) Ber. d. d. chem. Ges. **34**, 427.

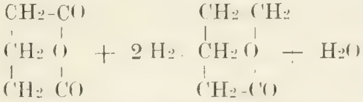
zu betrachten ist. Dieselbe Säure wurde im hiesigen Laboratorium aus ganz andern Gründen und mit Hilfe andrer Reaktionen dargestellt.

Die Reduktion der Anhydride fetter zweibasischer Säuren zu Lactonen durch Natriumamalgam [29]) — z. B. des Bernsteinsäureanhydrids zu Butyrolacton:



$$\begin{array}{l}CH_2\text{-}CO\diagdown\\ |\\ CH_2\text{-}CO\diagup\end{array}\!O + 2\,H_2 \quad \begin{array}{l}CH_2\text{-}CH_2\diagdown\\ |\\ CH_2\text{-}CO\diagup\end{array}\!O + H_2O$$

bot namentlich interessante Resultate bei Verwendung von Glutarsäureanhydrid (und Aluminiumamalgam als Reduktionsmittel)[30]). Es entstand so das δ-Valerolacton:



$$\begin{array}{ll}CH_2\text{-}CO & \\ | & | \\ CH_2 & O \\ | & | \\ CH_2 & CO\end{array} + 2\,H_2 \quad \begin{array}{ll}CH_2 & CH_2\\ | & | \\ CH_2 & O \\ | & | \\ CH_2\text{-}CO & \end{array} + H_2O$$

als leicht bewegliches Öl vom Siedepunkt 113–114° bei 13–14 mm, das die sehr charakteristische Eigenschaft zeigt, sich nach und nach zu polymerisieren zu einem festen Körper, der aus Äther-Petroläther in kleinen Krystallwärzchen vom Schmelzpunkt 47–48° krystallisiert, und auf Grund von Molekulargewichtsbestimmungen vielleicht als heptamer anzusehen ist. Das polymere Lacton giebt beim Kochen mit Alkalien die Salze der monomeren δ-Oxyvaleriansäure und aus diesen resultiert zunächst wieder das monomere δ-Valerolacton, das sich im Lauf der Zeit aber bald in das Polymere zurückverwandelt.

Diese bemerkenswerten Erscheinungen hat keiner der Autoren [31]) beobachtet, die bisher das δ-Valerolacton in

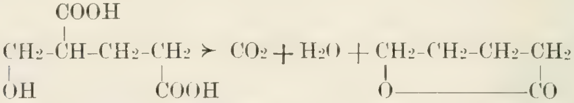
---

[29]) *August Herbrand*, Diss. 1898 und Ber. d. d. chem. Ges. **29**, 1192.

[30]) *Alfred Beisswenger*, Diss. Basel 1902.

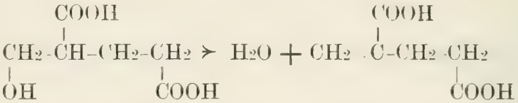
[31]) *Funck*, Ber. d. d. chem. Ges. **26**, 2574. *Clores*. Ann. d. Chem. **319**, 357.

Händen gehabt haben, und man darf daraus schliessen, dass diese Forscher den Körper nicht in reinem Zustand besassen. Insbesondere gilt dies für *Weidel*[32]), der durch Destillation der (aus Nicotinsäure durch Reduktion mit Natriumamalgam erhaltenen) δ-Oxy-α-methylglutarsäure das δ-Valerolacton dargestellt zu haben glaubte, nach:



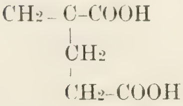
$$\underset{OH}{CH_2}-\overset{COOH}{CH}-CH_2-\underset{COOH}{CH_2} \succ CO_2 + H_2O + \underset{O\text{————}}{CH_2}-CH_2-CH_2-\underset{CO}{CH_2}$$

Die Versuche von *Weidel* wurden deshalb wiederholt und ergaben als Resultat, dass das *einzige* Produkt der Destillation jener Oxysäure α-Methylenglutarsäure ist, nach[33]):

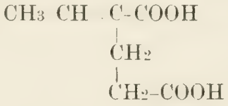


$$\underset{OH}{CH_2}-\overset{COOH}{CH}-CH_2-\underset{COOH}{CH_2} \succ H_2O + CH_2 = \overset{COOH}{C}-CH_2-\underset{COOH}{CH_2}$$

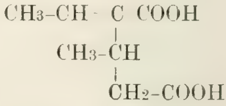
Die α-Methylenglutarsäure, die α-Äthylidenglutarsäure und die α-Äthyliden-β-methylglutarsäure



$$\begin{array}{l} CH_2 - C-COOH \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; CH_2 \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; CH_2-COOH \end{array}$$



$$\begin{array}{l} CH_3\;CH = C-COOH \\ \qquad\qquad\;\; | \\ \qquad\qquad\;\; CH_2 \\ \qquad\qquad\;\; | \\ \qquad\qquad\;\; CH_2-COOH \end{array}$$



$$\begin{array}{l} CH_3-CH = C\;COOH \\ \qquad\quad CH_3-CH \\ \qquad\qquad\quad\;\; | \\ \qquad\qquad\quad\;\; CH_2-COOH \end{array}$$

bilden eine Reihe von Homologen. Wenn die von *v. Pechmann* beobachtete Unregelmässigkeit bezüglich der Leitfähigkeit des Natriumsalzes eine allgemeine Eigenschaft dieser Säureklasse darstellt, so müsste sie sich bei den niedrigeren Homologen ebenfalls finden. Deshalb wurden nun auch die Äquivalentleitfähigkeiten der Natriumsalze dieser Säuren bestimmt.

---

[32]) Monatshefte f. Chemie **XI**, 501. Ber. d. d. chem. Ges. **24**, Ref. 148.

[33]) Das vermeintliche δ-Valerolacton von *Weidel* war vielleicht das Anhydrid der α-Methylenglutarsäure.

α-Methylenglutarsaures Natrium, bei 25° 34)

v = 32	64	128	256	512	1024
Λ = 84,5	88,3	92,8	96,5	99,3	101,9

$\Lambda_{1024} - \Lambda_{32}$ = 17,4 (recipr. Ohm) oder 16,3 (recipr. S. E.)

α-Äthylidenglutarsaures Natrium, bei 25°) 35)

v = 32	64	128	256	512	1024
Λ = 82,3	87,2	91,0	94,2	96,9	98,7

$\Lambda_{1024} - \Lambda_{32}$ = 16,4 (recipr. Ohm) oder 15,4 (recipr. E. S.)

Aus diesen Messungen lässt sich der Schluss ziehen, dass die abnorme, von *v. Pechmann* beobachtete Differenz von nur 11,9 bei der α-Äthyliden-β-methylglutarsäure keine Gruppeneigenschaft der α-Alkylidenglutarsäuren, sondern vielleicht eine spezielle Eigentümlichkeit der „Dicrotonsäure“ darstellt.

4. Die Vinylessigsäure (erste Versuche).

In den Abschnitten 1 und 2 ist gezeigt, dass die Darstellung von ungesättigten Säuren mit sozusagen beliebiger Stellung der Doppelbindung gelingt, wenn man nur eine zweibasische Oxysäure bezw. eine Lactonsäure von geeigneter Konstitution trocken destilliert. Welchen Konstitutionsbedingungen muss eine derartige zweibasische Oxysäure genügen, wenn sie zu dem gedachten Zwecke geeignet sein soll?

Die gemeinsame Eigenschaft fast aller zur Untersuchung gelangter Säuren einschliesslich der von *Fittig*

---

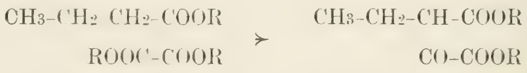
34) *Alfred Beisswenger*, Diss. Basel 1902, pag. 44.

35) *Benno Mühlhauser*, Diss. Basel 1902, pag. 54, und Ber. d. d. chem. Ges. **35**, 341.

verwandten Paraconsäuren ist die, dass eine Carboxylgruppe zu der Oxygruppe, welche frei oder in einem Lactonring gebunden sein kann, in *β-Stellung* steht.

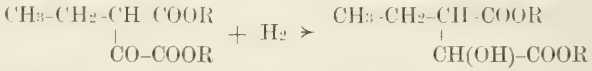
Diese β-Stellung von Carboxyl und Hydroxyl ist auch die Bedingung für das Gelingen der im Abschnitt 3 erwähnten *Roser-Fittig*'schen „Natriumäthylatreaktion“ der Ester. Zur Aufklärung der Verhältnisse jener Reaktion dient eine zufällig gemachte Beobachtung, die nachher durch eine systematisch durchgeführte Untersuchung ergänzt wurde [36]), dass diejenigen Lactonsäuren, deren Ester bei der Natriumäthylatreaktion ungesättigte Säuren liefern, beim Kochen mit Natronlauge dieselbe Umlagerung erleiden; und eine Wasserabspaltung in diesem Sinne erfahren wahrscheinlich alle β-Oxysäuren, gleichgiltig ob sie ausser der β-Carboxylgruppe noch eine zweite enthalten und wo sich dieselbe befindet.

Um die Giltigkeit des Satzes bezüglich der Destillation zweibasischer Oxysäuren zu prüfen, wurde gelegentlich auch eine homologe Äpfelsäure dargestellt und destilliert [37]). Buttersäureester kombiniert sich mit Oxalester bei Gegenwart von Natriumäthylat zum Äthyloxalessigester [38])



$$\begin{array}{r} CH_3\text{-}CH_2\ CH_2\text{-}COOR \\ ROOC\text{-}COOR \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}COOR \\ CO\text{-}COOR \end{array}$$

welcher bei der Reduktion mit Aluminiumamalgam in ätherischer Lösung glatt in Äthyläpfelsäureester übergeht:



$$\begin{array}{l} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH\ COOR \\ \qquad\qquad\ | \\ \qquad\quad CO\text{-}COOR \end{array} + H_2 \rightarrow \begin{array}{l} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}COOR \\ \qquad\qquad\quad | \\ \qquad\quad CH(OH)\text{-}COOR \end{array}$$

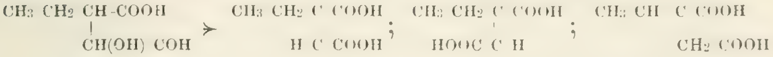
---

[36]) *Camille Dreyfus.* Diss. Basel 1900, und Ber. d. d. chem. Ges. **33**, 1452.

[37]) *Max Goldhaber*, Diss. Basel 1902.

[38]) *Wilhelm Wislicenus*, Ann. d. d. Chem. **246**, 337.

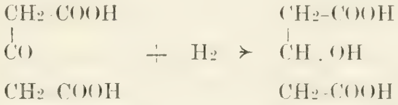
Die daraus gewonnene Äthyläpfelsäure spaltet bei der Destillation wohl Wasser ab und liefert als Hauptprodukt Methylcitraconsäure neben kleinen Mengen der isomeren Methylitaconsäure und Methylmesaconsäure:



$$\begin{array}{l}CH_3\,CH_2\,CH\text{-}COOH\\ \qquad\qquad\;|\\ \qquad\qquad CH(OH)\,COH\end{array} \rightarrow \begin{array}{r}CH_3\,CH_2\,C\;COOH\\ H\,C\;COOH\end{array}; \begin{array}{r}CH_3\,CH_2\,C\;COOH\\ |\;\qquad\\ HOOC\,C\;H\qquad\end{array}; \begin{array}{r}CH_3\,CH\;\;C\;COOH\\ CH_2\,COOH\end{array}$$

aber die erwartete Abspaltung von Kohlendioxyd tritt *nicht* oder nur in verschwindendem Masse ein. Vielleicht würde sich die Bildung $\alpha\beta$-ungesättigter einbasischer Säuren doch erreichen lassen, wenn man nur in der Reihe der Äpfelsäuren zu noch höheren Homologen fortschreiten würde, wie ja auch in der Reihe der homologen Paraconsäuren die Kohlendioxydabspaltung mit steigendem Molekulargewicht immer reichlicher eintritt.

Wenn man alle die Beobachtungen bezüglich der Destillation zweibasischer Oxysäuren überblickt, so erscheint es als sehr wahrscheinlich, dass auch die β-Oxyglutarsäure, welche *v. Pechmann* und *Jenisch*[39]) durch Reduktion der Acetondicarbonsäure dargestellt hatten:



$$\begin{array}{l}CH_2\text{-}COOH\\ |\\ CO\\ \\ CH_2\;COOH\end{array} + H_2 \rightarrow \begin{array}{l}CH_2\text{-}COOH\\ |\\ CH\,.\,OH\\ \\ CH_2\text{-}COOH\end{array}$$

bei der Destillation eine einbasische ungesättigte Säure liefern muss. Zum ersten Male wurde diese Frage vor vier Jahren (eigentlich mit einem andern Ziel im Auge) studiert[40]). Entgegen der Angabe *v. Pechmann*'s, dass β-Oxyglutarsäure bei der Destillation ausschliesslich Glutaconsäure gebe, fanden sich im Produkte der Destillation im Vacuum neben Glutaconsäure reichliche

---

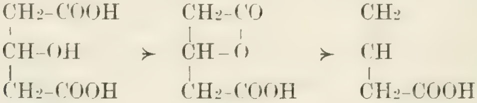
[39]) Ber. d. d. chem. Ges. **24**, 3250.

[40]) Arch. sc. phys. nat. Genève (4) **6**, 402. Chem. Centralbl. **1898**, II, 1011. *Albert Krafft*, Diss Base. 1899. Ber. d. d. chem. Ges. **32**, 2799.

Mengen einer einbasischen flüchtigen Säure von der Zusammensetzung der Crotonsäuren, die nichts andres war als die lange gesuchte Vinylessigsäure [41]

$$CH_2\;CH-CH_2-COOH$$

Ihre Bildung muss folgendermassen aufgefasst werden: β-Oxyglutarsäure verliert bei der Destillation Wasser unter Bildung einer β-Lactonsäure, die aber bei der herrschenden hohen Temperatur ohne weiteres Kohlendioxyd verliert — wie dies alle β-Lactone thun — und dadurch glatt in Vinylessigsäure übergeht:



$$\begin{array}{lcl l cl l} CH_2-COOH & & & CH_2-CO & & & CH_2 \\ | & & & |\quad\;\; | & & & \\ CH-OH & & \succ & CH-O & & \succ & CH \\ | & & & | & & & | \\ CH_2-COOH & & & CH_2-COOH & & & CH_2-COOH \end{array}$$

Keine andere Erklärungsart ist so befriedigend wie diese: will man annehmen, β-Oxyglutarsäure gebe zuerst Glutaconsäure und diese erst Vinylessigsäure, so steht dem die Thatsache entgegen, dass Glutaconsäure im Vacuum als Anhydrid überdestilliert und kein Kohlendioxyd abspaltet; will man andrerseits die Hypothese aufstellen, β-Oxyglutarsäure verliere zuerst Kohlendioxyd unter Bildung von β-Oxybuttersäure und diese erst gebe Wasser ab und liefere Vinylessigsäure, so widerspricht dieser Annahme der Umstand, dass β-Oxybuttersäure im Vacuum vollkommen unzersetzt destilliert, ja auf diesem Weg gereinigt werden kann.

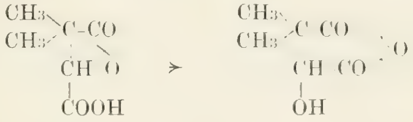
Die Hypothese der intermediären Bildung eines β-Lactons ist vielleicht auch in andern Fällen zur Erklärung des Verhaltens von β-Oxysäuren bei der Destillation heranzuziehen.

---

[41] Die Gewinnung dieser Säure gelang später auch — unter Verwendung von β-Bromglutarsäure als Ausgangsmaterial — *Ssemenoff*. Chem. Centralbl. **1899**, II, 28, und *J. Wislicenus*, Ber. d. d. chem. Ges. **32**, 2047; vergl. auch *H. W. E. Helkenberg*, Diss. Leipzig 1901.

Aber *eine* Schwierigkeit war noch zu überwinden. *v. Baeyer* und *Villiger* 42) hatten eine β-Lactonsäure der Fettreihe, das β-Lacton der asymmetrischen Dimethyläpfelsäure, dargestellt und untersucht und gefunden, dass dieses Lacton selbst bei der Destillation kein Kohlendioxyd abspaltet.

Der merkwürdige Ausnahmefall ist hier auf das Sorgfältigste geprüft worden 43), und es hat sich folgendes ergeben. Allerdings spaltet das β-Lacton der asymmetrischen Dimethyläpfelsäure bei der Destillation kein Kohlendioxyd ab, aber es lagert sich dabei in tiefgreifender Weise um: der viergliedrige Ring des β-Lactons wird erweitert zum fünfgliedrigen des Anhydrids der asymmetrischen Dimethyläpfelsäure



was ja durchaus natürlich erscheint, wenn man die starke Spannung berücksichtigt, die in einem viergliedrigen Ringsystem herrschen muss 44).

Das Verhalten des β-Lactons der as-Dimethyläpfelsäure kann in keiner Art als Gegenbeweis gegen die obige Annahme einer β-Lactonsäure als Zwischenprodukt der Darstellung der Vinylessigsäure aus β-Oxyglutar-

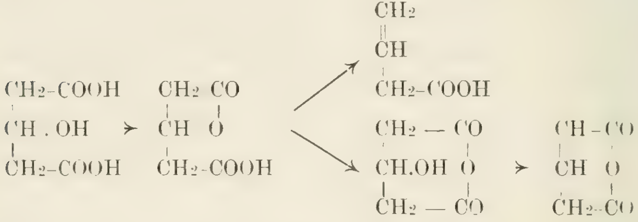
---

42) Ber. d. d. chem. Ges. **30**, 1954.

43) *Sylvain Hirsch*, Diss. Basel 1900, II. Abhandlung, und Ber. d. d. chem. Ges. **33**, 3270.

44) Analoge Versuche mit Trimethyläpfelsäure und deren Lacton sind jetzt von andrer Seite in Angriff genommen worden, vergl. *G. Komppa*. Ber. d. d. chem. Ges. **35**, 534.

säure geltend gemacht werden, sondern im Gegenteil lässt sich aus den Versuchen von *Hirsch* der Schluss ziehen, dass bei der Zersetzung der β-Oxyglutarsäure zunächst überhaupt nur die β-Lactonsäure entsteht. Diese ihrerseits kann dann entweder nach Art der meisten β-Lactone Kohlendioxyd abspalten und Vinylessigsäure liefern, oder sie kann sich unter Ringerweiterung umlagern zum Anhydrid der β-Oxyglutarsäure und dadurch die Entstehung der Glutaconsäure veranlassen, etwa nach:



Derartigen Hypothesen fehlt solange der sichere Boden, als es uns nicht gelingt, die β-Lactonsäure selbst zu fassen.

Nachdem damit soweit als möglich Klarheit geschaffen war über die Bildung der Vinylessigsäure, galt es nunmehr auch ihre Konstitution in eindeutiger Weise zu bestimmen. Dem stellten sich aber zwei Hindernisse in den Weg.

Die von *Albert Krafft* dargestellte Vinylessigsäure enthielt kleine Mengen von fester Crotonsäure, und in den ersten Versuchen gelang es nicht, eine vollkommene Abscheidung dieser Verunreinigung zu erzielen. Deshalb war auch eine präzise Charakterisierung der neuen Substanz nicht mit aller wünschbaren Schärfe möglich.

Ferner scheiterten gleich die ersten Versuche zum Nachweis der βγ-Stellung der doppelten Bindung vollkommen. Alle βγ-ungesättigten Säuren liefern beim

Kochen mit Schwefelsäure einer bestimmten Konzentration unter Umlagerung die isomeren γ-Lactone: die Vinylessigsäure aber giebt unter diesen Bedingungen glatt und quantitativ die wohlbekannte feste Crotonsäure. Ebensowenig Erfolg brachten Versuche mit dem Dibromid der Vinylessigsäure.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, oder richtiger um ihnen aus dem Wege zu gehen, wurden nun zwei ganz neue Richtungen eingeschlagen, bis dass schliesslich eine einfache Reinigungsmethode der Vinylessigsäure das Ziel in Kürze erreichen liess.

5. Synthese homologer Vinylessigsäuren.

Wie die Vinylessigsäure aus der β-Oxyglutarsäure, und diese aus der Acetondicarbonsäure erhalten worden war, so mussten homologe Vinylessigsäuren aus homologen β-Oxyglutarsäuren resp. aus homologen Acetondicarbonsäuren darstellbar sein. Homologe Acetondicarbonsäureester sind nach *v. Pechmann*'s Angaben [45]) glatt durch Synthese aus Natriumacetondicarbonsäureester und Halogenalkylen zugänglich.

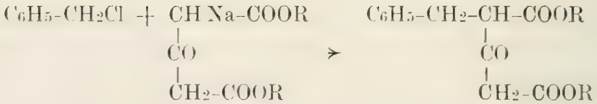
Jene Angaben erwiesen sich aber als vollkommen trügerisch. Bei der Darstellung des sogenannten „Dibenzylacetondicarbonsäureesters“ [46]) zeigte es sich, dass die betreffende Substanz ihren Namen zu Unrecht führt und richtiger Tribenzylacetondicarbonsäureester genannt werden muss.

Lässt man nämlich Benzylchlorid auf Natriumacetondicarbonsäureester einwirken, so bildet sich zuerst Monobenzylacetondicarbonsäureester:

---

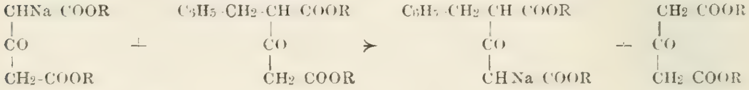
[45]) Ann. d. Chem. **261**, 173.

[46]) *Heinrich Schiess*, Diss. Basel 1901, und Ber. d. d. chem. Ges. **34**, 1996.



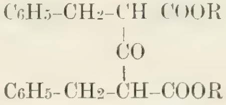
$$C_6H_5\text{-}CH_2Cl + \begin{array}{l} CHNa\text{-}COOR \\ | \\ CO \\ | \\ CH_2\text{-}COOR \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}COOR \\ | \quad\quad\quad \\ CO \quad\quad\quad \\ | \quad\quad\quad \\ CH_2\text{-}COOR \end{array}$$

dieser ist aber eine stärker saure Substanz als der Acetondicarbonsäureester selbst, und bevor nur der ganze Natriumacetondicarbonsäureester in Reaktion getreten ist, hat ihm schon der Benzylacetondicarbonsäureester sein Natrium entrissen und Natriummonobenzylacetondicarbonsäureester damit gebildet:



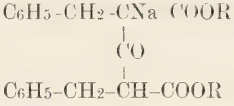
$$\begin{array}{l} CHNa\text{ }COOR \\ | \\ CO \\ | \\ CH_2\text{-}COOR \end{array} + \begin{array}{r} C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CH\text{ }COOR \\ | \quad\quad\quad \\ CO \quad\quad\quad \\ | \quad\quad\quad \\ CH_2\text{ }COOR \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} C_6H_5\text{-}CH_2\text{ }CH\text{ }COOR \\ | \quad\quad\quad \\ CO \quad\quad\quad \\ | \quad\quad\quad \\ CHNa\text{ }COOR \end{array} + \begin{array}{l} CH_2\text{ }COOR \\ | \\ CO \\ | \\ CH_2\text{ }COOR \end{array}$$

die neue Natriumverbindung reagiert wieder mit Benzylchlorid zu Dibenzylacetondicarbonsäureester



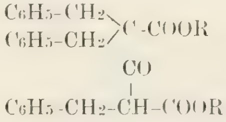
$$\begin{array}{c} C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CH\text{ }COOR \\ | \\ CO \\ | \\ C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}COOR \end{array}$$

der aber noch stärker saure Eigenschaften besitzt und wieder Natrium an sich reisst unter Bildung des Natriumdibenzylacetondicarbonsäureesters



$$\begin{array}{c} C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CNa\text{ }COOR \\ | \\ CO \\ | \\ C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}COOR \end{array}$$

und der letztere endlich reagiert nochmals mit Benzylchlorid zum Tribenzylacetondicarbonsäureester:

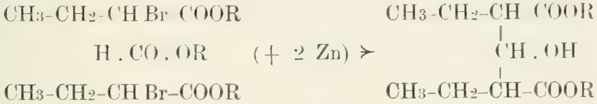


$$\begin{array}{c} \begin{array}{l} C_6H_5\text{-}CH_2\diagdown \\ C_6H_5\text{-}CH_2\diagup \end{array} C\text{-}COOR \\ CO \\ | \\ C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}COOR \end{array}$$

Damit scheint dann das Spiel zum Stillstand zu kommen: ein Tetrabenzylacetondicarbonsäureester konnte nicht isoliert werden. Wie man aber die Synthese anstellen mag, ob man den Ansatz wählt, der zum mono-, oder zum di-, oder zum tri-substituierten Produkt führen muss — immer erhält man ein Gemisch von flüssigen Estern, aus welchem der vorhandene Tribenzylacetondicarbonsäureester rasch und vollständig auskrystallisiert.

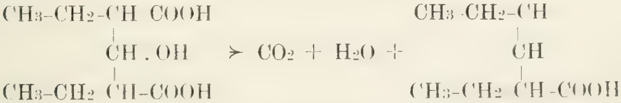
Einen noch bessern Überblick über die Mannigfaltigkeit der Produkte der anscheinend so einfachen Synthesen mit Acetondicarbonsäureester gewinnt man bei Verwendung von p-Nitrobenzylchlorid, da die damit erhaltenen Körper fast ausnahmslos gut krystallisieren[47].

Symmetrisch substituierte β-Oxyglutarsäuren sind noch auf einem andern Wege zugänglich, den zuerst *S. Reformatzky*[48]) beschritten hat, nämlich durch Reaktion von halogensubstituierten Estern bei Gegenwart von Zink auf Ameisenester: so resultiert beispielsweise aus α-Brombuttersäureester und Ameisenester (unter intermediärer Bildung zinkhaltiger Produkte, die hier nicht näher angeführt werden sollen) der Diaethyl-β-oxyglutarsäureester:



$$\begin{array}{l} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH\,Br\ COOR \\ \qquad\qquad H\,.\,CO\,.\,OR \\ CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH\,Br\text{-}COOR \end{array} \quad (+\ 2\ Zn) \succ \quad \begin{array}{l} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH\ \ COOR \\ \qquad\qquad\quad | \\ \qquad\qquad CH\,.\,OH \\ \qquad\qquad\quad | \\ CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH\text{-}COOR \end{array}$$

Aus der symmetrischen Diäthyl-β-oxyglutarsäure muss bei der Destillation eine Diäthylvinylessigsäure entstehen[49]) nach:



$$\begin{array}{l} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH\ \ COOH \\ \qquad\qquad\quad | \\ \qquad\qquad CH\,.\,OH \\ \qquad\qquad\quad | \\ CH_3\text{-}CH_2\ \ CH\text{-}COOH \end{array} \succ CO_2 + H_2O + \begin{array}{l} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH \\ \qquad\qquad\quad | \\ \qquad\qquad CH \\ \qquad\qquad\quad | \\ CH_3\text{-}CH_2\ \ CH\text{-}COOH \end{array}$$

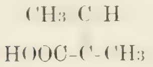
---

[47]) Herr *Chaskel Wortsmann* hat in einer diesbezüglichen Untersuchung eine Reihe schöner Substanzen isoliert.

[48]) Ber. d. d. chem. Ges. **28**, 3262.

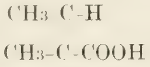
[49]) Herr *E. A. Willmann* widmet sich diesen Versuchen.

Dem Stereoisomerenpaar Crotonsäure-Isocrotonsäure ist das Paar Tiglinsäure-Angelicasäure homolog. Wie nun den Crotonsäuren als $\alpha\beta$-ungesättigten Säuren die Vinylessigsäure als $\beta\gamma$-Isomeres sich anreiht, so sollte eine „Vinylpropionsäure“ den $\alpha\beta$-ungesättigten Tiglinsäure-Angelicasäure zur Seite stehen:



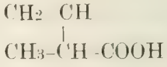
$$\begin{array}{l} CH_3\ C\ H \\ HOOC\text{-}C\text{-}CH_3 \end{array}$$

Tiglinsäure



$$\begin{array}{l} CH_3\ C\text{-}H \\ CH_3\text{-}C\text{-}COOH \end{array}$$

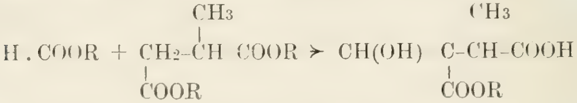
Angelicasäure



$$\begin{array}{l} CH_2\ \ CH \\ \qquad\ | \\ CH_3\text{-}CH\text{-}COOH \end{array}$$

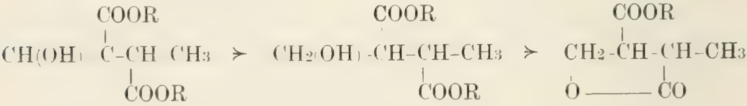
Vinylpropionsäure

Ihre Darstellung wurde auf folgendem Wege versucht. Ameisenester wurde bei Gegenwart von Natriumäthylat mit Brenzweinsäureester kombiniert zum Formylbrenzweinsäureester oder Oxymethylenbrenzweinsäureester [50])



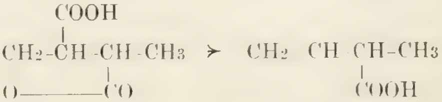
$$\begin{array}{lcl} & \quad\ \ CH_3 & & \quad CH_3 \\ & \quad\ \ | & & \quad | \\ H.COOR + & CH_2\text{-}CH\ COOR & \succ\ CH(OH) & C\text{-}CH\text{-}COOH \\ & | & & | \\ & COOR & & COOR \end{array}$$

der durch Reduktion in den Ester der α-Methylparaconsäure übergieng:



$$\begin{array}{lcccl} & COOR & & COOR & \qquad COOR \\ & | & & & \qquad | \\ CH(OH) & C\text{-}CH\ CH_3 & \succ & (CH_2OH)\text{-}CH\text{-}CH\text{-}CH_3 & \succ\ CH_2\text{-}CH\text{-}CH\text{-}CH_3 \\ & | & & | & \quad | \qquad\quad | \\ & COOR & & COOR & \quad O \text{———} CO \end{array}$$

Die daraus erhaltene α-Methylparaconsäure wurde dann destilliert. Aber anstatt wie andre homologe Paraconsäuren dabei zu zerfallen unter Kohlendioxydabgabe und eine einbasische ungesättigte Säure zu liefern etwa nach:



$$\begin{array}{lcl} \qquad COOH & & \\ \qquad | & & \\ CH_2\text{-}CH\text{-}CH\text{-}CH_3 & \succ & CH_2\ \ CH\ \ CH\text{-}CH_3 \\ \qquad\qquad | & & \qquad\qquad | \\ O \text{————} CO & & \qquad\qquad COOH \end{array}$$

geht die α-Methylparaconsäure im Vacuum und bei gewöhnlichem Druck *unzersetzt* über. Dieser Versuch zur Erlangung der Vinylpropionsäure ist also gescheitert[51]). Nichtsdestoweniger bietet das geschilderte Verhalten der α-Methylparaconsäure grosses Interesse, insofern es weitere Beiträge liefert zu dem Gesetz über die Konstitution derjenigen Oxysäuren und Lactonsäuren, welche bei der Destillation ein- und zweibasische ungesättigte Säuren geben können.

---

[50]) Nach Analogie der Darstellung des Formylbernsteinsäureesters, *W. Wislicenus*, Ber. d. d. chem. Ges. **27**, 3186.

Die Resultate dieses Abschnittes sind also dahin zusammenzufassen, dass von drei Wegen zur Synthese homologer Vinylessigsäuren nur einer sich als gangbar erwiesen hat.

6. Einwirkung aromatischer Basen auf die Bromadditionsprodukte ungesättigter Säuren.

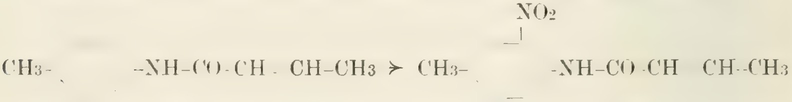
Bei den Versuchen von *Krafft*, die Vinylessigsäure durch das Verhalten ihres Dibromids bei der Zersetzung mit Wasser zu charakterisieren, waren nur wenig durchsichtige Resultate erlangt worden und es erhob sich damit die Frage, ob vielleicht die Einwirkung aromatischer Basen auf solche Bromadditionsprodukte zu leicht zu reinigenden, krystallisierbaren Körpern führen würde. Zu diesem Behuf mussten aber zuerst die Additionsprodukte von Säuren bekannter Konstitution in der angedeuteten Richtung untersucht werden, und es erwuchsen hieraus eine ganze Reihe von Arbeiten, die in extenso zu behandeln hier nicht der Ort ist, da sie mit dem Hauptthema nur in einem losen Zusammenhang stehen. Es sei darum nur hingewiesen auf die Darstellung des 1-Phenyl-4-methylpyrazolons, seiner Abkömmlinge und seiner Verwandten[52]), aus Citra- und

---

[51]) Herr *Ernst Rudin* beschäftigt sich mit diesen und einigen verwandten Untersuchungen.

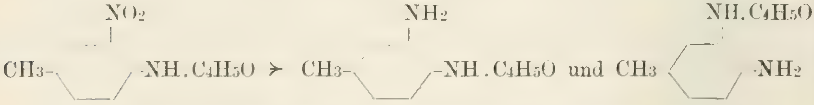
[52]) *Joseph Enzenauer*, Diss. Basel 1900; *Emil Uellenberg*, Diss. Basel 1900, II. Teil; Ber. d. d. chem. Ges. **33**, 494; *Reinhard Vortisch*, Diss. Basel 1902.

Mesadibrombrenzweinsäure und Phenylhydrazin; ferner auf das sogenannte Anilidocitraconanil und seine interessanten Umwandlungsprodukte [53]); aber ein kleines Kapitel aus diesen Untersuchungen [54]) muss doch kurz besprochen werden wegen seiner Bedeutung für die Beurteilung der Stärke der ungesättigten Säuren. Es sollte zum Zweck des Studiums der Einwirkung von Toluylen-o-diamin auf das Dibromadditionsprodukt der Crotonsäure zuerst das Carboxyl jener Säure mit Toluylendiamin festgelegt, d. h. in die Anhydrobase verwandelt werden. In dieser Absicht wurde Crotonyl-p-toluid nitriert



$$CH_3-\quad-NH-CO-CH{:}CH-CH_3 \succ CH_3-\overset{NO_2}{\quad}-NH-CO-CH{:}CH-CH_3$$

und das Nitrocrotonyl-p-toluid reduziert. Das Produkt der Reduktion mit Zinn und Salzsäure war aber keine Anhydrobase, sondern einfach das 4-Crotonyltoluylendiamin, neben dem isomeren 3-Crotonyltoluylendiamin



$$CH_3-\overset{NO_2}{\quad}-NH.C_4H_5O \succ CH_3-\overset{NH_2}{\quad}-NH.C_4H_5O \text{ und } CH_3\overset{NH.C_4H_5O}{\quad}-NH_2$$

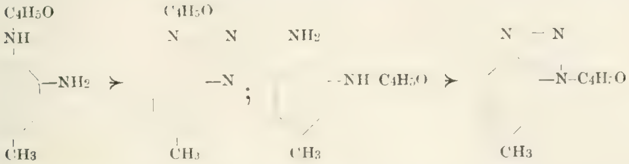
Die Entstehung des letztgenannten Isomeren erklärt sich dadurch, dass die Salzsäure einen Teil des 4-Crotonyltoluylendiamins verseift, worauf der abgespaltene Crotonsäurerest in der 3-Stellung von neuem angelagert wird: im Produkt findet sich immer auch noch freies Toluylen-o-diamin.

Das 4- und das 3-Crotonyltoluylendiamin können als solche charakterisiert werden durch die Einwirkung von salpetriger Säure, welche aus den beiden crotonylierten o-Diaminen zwei isomere crotonylierte Azimidotoluole erzeugt:

---

[53]) *Ernst Preiswerk*, Diss. Basel 1902, und Ber. d. d. chem. Ges. **35**, 1626.

[54]) Ebenfalls aus der Diss. des Herrn Dr. *Ernst Preiswerk*.



Es wird durch die Existenz der beiden Crotonyl-Azimidotoluole die Tautomerie der Azimidokörper von neuem illustriert[55]. Für unsre Besprechungen hier ist speziell das Ausbleiben des Ringschlusses bei den beiden Crotonyltoluylendiaminen wichtig.

7. Die reine Vinylessigsäure.

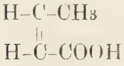
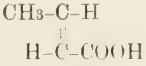
J. Wislicenus hat ein Verfahren ausgearbeitet[56]) um die sogenannte Isocrotonsäure, welche immer reichliche Mengen von fester Crotonsäure enthält, vollkommen rein und frei vom Isomeren zu gewinnen. Die Methode beruht im wesentlichen darauf, dass das Natriumsalz der festen Crotonsäure in Alkohol fast unlöslich, dasjenige der Isocrotonsäure dagegen äusserst leicht löslich ist.

Es zeigte sich nun, dass auch das Natriumsalz der Vinylessigsäure in Alkohol löslich ist — nicht gar so leicht wie das der Isocrotonsäure, aber doch bedeutend leichter als das der festen Crotonsäure. Mit einer kleinen Abänderung bezüglich der Menge des Alkohols liess sich das *Wislicenus*'sche Verfahren auf die rohe, crotonsäurehaltige Vinylessigsäure anwenden und lieferte nun endlich die vollkommen reine einheitliche Vinylessigsäure[57]), deren Haupteigenschaften hier in Vergleich gestellt werden sollen mit denjenigen der reinen festen Crotonsäure und der reinen Isocrotonsäure:

---

[55] Vergl. *Zincke*, Ann. d. Chem. **291**, 317.

[56] Chem. Centralbl. **1897**, II, 259.

	Crotonsäure.	Isocrotonsäure.	Vinylessigsäure.
	 $\begin{array}{c}H-C-CH_3\\ \|\\ H-C-COOH\end{array}$	 $\begin{array}{c}CH_3-C-H\\ \|\\ H-C-COOH\end{array}$	$CH_2{\cdot}CH-CH_2-COOH$
Sm.	72°.	15°,4–15°,5.	flüssig.
Sd.	85°. 12–14 mm	74°.	71°.

Die Charakterisierung der reinen Vinylessigsäure als einer $\beta\gamma$-ungesättigten Säure gelingt nicht durch Umwandlung in das ihr entsprechende γ-Butyrolacton. Die mit dem gleichen Volum Wasser verdünnte Schwefelsäure, welche *Fittig* zu derartigen Umlagerungen benützt[58]) sowohl als eine ganz verdünnte Schwefelsäure bewirken beim Erhitzen eine quantitative Umlagerung in feste Crotonsäure, und genau das gleiche Resultat wird erreicht durch Behandlung der Vinylessigsäure mit Bromwasserstoff bei 0°.

Aber die Vinylessigsäure lässt sich vorzüglich charakterisieren durch ihr Dibromid und dessen Zersetzungsprodukte. Das Vinylessigsäuredibromid, auf die übliche Weise in Schwefelkohlenstofflösung dargestellt, krystallisiert nach dem Abdunsten des Lösungsmittels und wird durch Umkrystallisieren aus wenig Schwefelkohlenstoff rein mit dem Schmelzpunkte 49–50° erhalten; die neue Dibrombuttersäure im Vergleich mit den schon bekannten zeigt also folgende Eigenschaften:

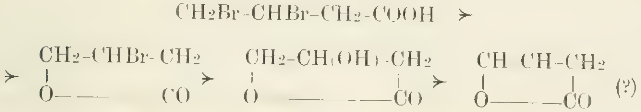
---

[57]) *Ferdinand Sonneborn,* Diss. Basel 1902, und Ber. d. d. chem. Ges. **35**, 938.

[58]) Ann. d. Chem. **283**, 51.

	αβ-Dibrombuttersäure aus fester Crotonsäure.	**αβ-Isodibrombuttersäure aus Isocrotonsäure.**	**βγ-Dibrombuttersäure aus Vinylessigsäure.**
Sm.	85°.	58-59°.	49-50°.[59]

Wird die βγ-Dibrombuttersäure mit Wasser gekocht, so spaltet sie Bromwasserstoff ab und tauscht ein Brom gegen Hydroxyl aus unter Bildung eines β-Oxybutyrolactons, das bei der Destillation Wasser verliert unter Bildung eines Butenlactons:



$$CH_2Br\text{-}CHBr\text{-}CH_2\text{-}COOH \succ$$

$$\succ \underset{O\text{———}}{\overset{CH_2\text{-}CHBr\text{-}CH_2}{|}}\ \underset{CO}{} \succ \underset{O\text{————————}CO}{\overset{CH_2\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2}{|\qquad\qquad\qquad|}} \succ \underset{O\text{————}CO}{\overset{CH\ \ CH\text{-}CH_2}{|\qquad\qquad|}}\ (?)$$

Das Oxybutyrolacton und das Butenlacton bedürfen noch genauerer Untersuchung. Aber die Thatsache der Bildung von Lactonen beweist allein schon aufs schlagendste, dass in der βγ-Dibrombuttersäure ein Bromatom in γ-Stellung sich befunden hat, dass also die βγ-Dibrombuttersäure das Additionsprodukt einer βγ-ungesättigten Säure ist — und damit ist die Konstitution der reinen Vinylessigsäure über jeden Zweifel erhaben.

Die Bestimmung der physikalischen Konstanten der Vinylessigsäure, speziell der Leitfähigkeit, gab den Anstoss zu den Messungen, die im folgenden Kapitel besprochen werden sollen.

---

[59] *Helkenberg*, Diss. Leipzig 1901, vergl. Anmerkung [41], fand für sein Vinylessigsäuredibromid den Sm. 50-51½°.

II. Kapitel.

Leitfähigkeitsmessungen an ungesättigten Säuren.

1. Theoretische Vorbemerkung.

Nach den Theorien der elektrolytischen Dissociation sind die meisten momentan in wässriger Lösung verlaufenden Reaktionen, wie die Neutralisation der Säuren und Basen, „Ionenreaktionen“ [60]). Demnach beruht z. B. die Bildung von essigsaurem Natrium aus wässriger Natronlauge einzig und allein auf einer Reaktion der für die Säure charakteristischen Wasserstoffionen einerseits, mit den für die Base charakteristischen Hydroxylionen andrerseits, die sich zu nicht dissociiertem Wasser vereinigen:

$$\underbrace{\mathrm{CH_3.COO'}}\underbrace{\mathrm{H^{\cdot}}} + \underbrace{\mathrm{Na^{\cdot}}}\underbrace{\mathrm{OH'}} = \underbrace{\mathrm{CH_3\;COO'}}\underbrace{\mathrm{Na^{\cdot}}} + \mathrm{H_2O}$$

während das Anion der Essigsäure $CH_3 . COO$ sowohl, als das Kation Na, nach wie vor der Neutralisation eine gewissermassen selbständige Existenz als elektrisch geladene Ionen in der Lösung führen.

Die Heftigkeit, mit welcher eine Säure mit einer Base reagiert, oder die Stärke der Säure, wird diesen Anschauungen gemäss abhängen von der Leichtigkeit, mit welcher sie sich in wässriger Lösung in ihre Ionen, das Kation Wasserstoff, und das Anion Säurerest, spaltet, oder also von der Anzahl der in einer Lösung bestimmter Konzentration von ihr gebildeten Ionen. Je mehr freie Ionen eine Säure bildet, desto stärker ist sie; wenn sie vollständig in Ionen zerfallen ist, so hat sie das Maximum der Stärke erreicht. Den Grad der Dissociation, von welchem also die Stärke einer Säure abhängt, kann man *messen*, durch die Leitfähigkeit der Säure; denn nur die Ionen transportieren die Elektrizität, die nicht dissociierten Molekeln beteiligen sich nicht an der Leitung. Je mehr Ionen eine Lösung enthält, desto besser leitet sie die Elektrizität. Eine starke Säure leitet demgemäss besser als eine schwache Säure bei derselben Konzentration.

---

[60]) Vergl. z. B. *W. Ostwald*, die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie, II. Aufl. 1901.

Nun ist noch zu berücksichtigen der Einfluss der Verdünnung auf den Dissociationsgrad. Je verdünnter die Lösung ist, desto weiter schreitet die Dissociation einer Säure fort, so dass also die Leitfähigkeit und der Dissociationsgrad, wenn wir sie immer auf ein Grammäquivalent beziehen (das Äquivalentleitvermögen), welches einmal in wenig, das andre Mal in mehr Wasser gelöst ist, mit wachsender Verdünnung zunehmen. Direkt vergleichbar sind also nur Säurelösungen gleicher Äquivalentkonzentration.

Ostwald hat aber aus dem Dissociationsgrad unter Elimination des Einflusses der Verdünnung einen Ausdruck abgeleitet, den man als Dissociationskonstante oder Dissociationscoefficient bezeichnet, und der direkt als ein Mass der Stärke einer Säure angesehen werden kann. Der Dissocationscoefficient wird aus Messungen der Leitfähigkeit auf einfache Weise berechnet; die Formel gilt aber nur für wenig dissociierte, also schwache Säuren.

Die Dissociationscoefficienten organischer Säuren — die meist zur Klasse der mässig-starken Säuren gehören (für welche die Dissociationsformel anwendbar ist) — sind nun in weitgehendem Masse abhängig von der Konstitution der organischen Molekeln. So wird die schwache Essigsäure zu einer viel stärkeren Säure durch

Einführung von negativen Substituenten, wie Hydroxyl, Halogen etc., was folgende kleine Tabelle zeigen möge:

Essigsäure	CH_3-COOH	$K = 0{,}0018$ [61])
Glycolsäure	$CH_2(OH)-COOH$	$K = 0{,}015$
Monochloressigsäure	$CH_2Cl-COOH$	$K = 0{,}155$
Dichloressigsäure	$CHCl_2-COOH$	$K = 5{,}1$

Trichloressigsäure CCl_3-COOH ist so weitgehend dissociiert wie eine Mineralsäure.

Aber nicht nur die Anwesenheit, sondern auch die Stellung der negativen Substituenten ist von bedeutendem Einfluss auf die Grösse des Dissociationscoefficienten in dem Sinne, dass der negative Substituent umso stärker wirkt, je näher er sich bei der Carboxylgruppe befindet; auch dieser Satz sei durch ein kleines Beispiel illustriert [62]):

α-Chlorpropionsäure	$CH_3-CHCl-COOH$	$K = 0.1465$
β-Chlorpropionsäure	CH_2Cl-CH_2-COOH	$K = 0{,}0086$
α-Chlorbuttersäure	$CH_3-CH_2-CHCl-COOH$	$K = 0{,}1390$
β-Chlorbuttersäure	$CH_3-CHCl-CH_2-COOH$	$K = 0{,}0089$

Nun gilt auch die Doppelbindung als ein negativer Substituent; sie muss demgemäss durch ihre Anwesenheit die Stärke der Säure oder den Dissociationscoefficienten erhöhen, was auch in der That eintrifft:

Propionsäure	CH_3-CH_2-COOH	$K = 0{,}0013$
Acrylsäure	$CH_2=CH-COOH$	$K = 0{,}0056$
Buttersäure	$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$	$K = 0{,}0015$
Crotonsäure	$CH_3-CH=CH-COOH$	$K = 0{,}0020$

Die Erhöhung ist keine so beträchtliche, wie die durch Chlor bewirkte, aber sie ist sehr wohl zu konstatieren.

---

[61]) Die Zahlenangaben, bei denen nichts weiter bemerkt ist, stammen aus *Kohlrausch* und *Holborn*, Leitvermögen der Electrolyte, 1898.

[62]) *D. M. Lichty*, Ann. d. Chem. **319**, 381.

Wenn nun eine Doppelbindung gerade wie eine Hydroxylgruppe oder wie ein Chloratom die Stärke einer Säure erhöht, so war es ausserordentlich wahrscheinlich, ja selbstverständlich, dass eine Doppelbindung, je näher sie der Carboxylgruppe steht, eine umso grössere Erhöhung des Dissociationscoefficienten bewirken werde, d. h. also dass unter den ungesättigten Säuren die $\alpha\beta$-Säuren den grössten Wert des Dissociationscoefficienten aufweisen, dann die $\beta\gamma$-Säuren einen niedrigeren, die $\gamma\delta$-Säuren einen noch niedrigeren u. s. f.

Diesen Schluss hat auch *Ostwald* gezogen[63]) und er ist allgemein acceptiert worden.

Wie gross war daher unsere Überraschung, als die Messungen des Herrn Dr. *Ferd. Sonneborn* an der Vinylessigsäure bewiesen, dass diese Säure *stärker* sei als die isomeren Crotonsäuren!

Ich gebe hier das Resultat einer Messung, die Herr *Alfred Pfister* später ausgeführt hat:

Vinylessigsäure bei 25°[64])

$\Lambda_\infty = 383$

v =	16	32	64	128	256	512	1024
Λ =	9,36	13,16	18,46	25,91	35,89	50,02	68,92
100α =	2,44	3,44	4,82	6,77	9,37	13,1	18,0
K =	0,00381	0,00383	0,00381	0,00384	0,00378	0,00386	0,00386

K Mittel = 0,00383[65])

---

[63]) Zeitschr. f. phys. Chem. **3**, 383.

[64]) v = Anzahl Liter auf ein Grammäquivalent; Λ das Äquivalentleitvermögen; Λ_∞ das Äquivalentleitvermögen bei unendlicher Verdünnung, das maximale Leitvermögen; 100 α der Dissociationsgrad in Prozenten; K der Dissociationscoefficient.

[65]) In früheren Publikationen ist K infolge eines Versehens zu 0,0051 angegeben worden, was hiemit berichtigt sei.

Der Dissociationscoefficient beträgt demnach für Vinylessigsäure K = 0,0038, während feste Crotonsäure K = 0,0020 (und unreine Isocrotonsäure K = 0,0036?) aufweist.

2. Messungen an den Penten- und Hexensäuren.

Das Problem war damit gegeben; es mussten nun an isomeren Reihen ungesättigter Säuren von vergleichbarer Konstitution Messungen des Leitvermögens angestellt werden, um zu untersuchen, ob die Annahme von *Ostwald* richtig ist. Das Material für solche vergleichende Messungen boten neben den bekannten $\alpha\beta$- und $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren die $\gamma\delta$- und $\delta\varepsilon$-Säuren, deren Darstellung im ersten Kapitel besprochen ist. Die Gewinnung und peinliche Reinigung der ungesättigten Säuren, sowie die Messungen selbst hat Herr *Alfred Pfister* mit Sorgfalt und Geschick ausgeführt, wofür ihm auch an dieser Stelle herzlicher Dank ausgesprochen sei.

Die Resultate sind in der folgenden Tabelle vereinigt und ausserdem in zwei beigelegten Tafeln graphisch dargestellt.

I. $\alpha\beta$-Pentensäure bei 25°.

$\Lambda_\infty = 380$.

v = 16	32	64	128	256	512	1024
Λ = 5,90	8,35	11.71	16.38	22,53	30,72	41,98
100a = 1,55	2,20	3,08	4,31	5,93	8,08	11,05
K = 0,00153	0,00158	0,00153	0.00152	0.00146	0,00139	0.00134

K Mittel = 0,00148.

II. βγ-Pentensäure bei 25°. $\Lambda_\infty = 380$.

v =	16	32	64	128	256	512	1024
Λ =	8,94	12,61	17,60	24,32	32,51	45,06	62,46
100α =	2,35	3,32	4,63	6,40	8,56	11,86	16,44
K =	0,00353	0,00356	0,00351	0,00342	0,00313	0,00312	0,00316

K Mittel = 0,00335.

III. γδ-Pentensäure bei 25°. $\Lambda_\infty = 380$.

v =	16	32	64	128	256	512	1024
Λ =	6,90	9,89	13,76	19,33	26,88	36,86	50,17
100α =	1,82	2,60	3,62	5,09	7,07	9,71	13,2
K =	0,00211	0,00217	0,00213	0,00213	0,00210	0,00204	0,00196

K Mittel = 0,00209.

IV. αβ-Hexensäure bei 25°. $\Lambda_\infty = 378$.

v =	16	32	64	128	256	512	1024
Λ =	6,46	9,18	12,93	18,18	25,34	35,33	49,15
100α =	1,71	2,43	3,42	4,81	6,70	9,35	13,0
K =	0,00186	0,00189	0,00189	0,00190	0,00188	0,00188	0,00190

K Mittel = 0,00189.

V. βγ-Hexensäure bei 25° [66]. $\Lambda_\infty = 378$.

v =	16	32	64	128	256	512	1024
Λ =	7,76	11,01	15,42	21,50	29,95	40,96	55,30
100α =	2,05	2,91	4,08	5,69	7,92	10,8	14,6
K =	0,00268	0,00273	0,00271	0,00268	0,00266	0,00256	0,00244

K Mittel = 0,00264.

---

[66] βγ-Hexensäure oder Hydrosorbinsäure ist schon früher von *Ostwald* gemessen worden. Zeitschr. f. phys. Chemie, **3**, 274; er fand K = 0,0024.

VI. γδ-Hexensäure bei 25°. $\Lambda_{\infty} = 378$.

v =	16	32	64	128	256	512	1024
Λ =	6,21	8,83	12,54	17,54	24,22	33,79	47,10
100α =	1,64	2,34	3,32	4,64	6,41	8,94	12,5
K =	0,00171	0,00175	0,00178	0,00176	0,00172	0,00171	0,00174

K Mittel = 0,00174.

VII. δε-Hexensäure bei 25°. $\Lambda_{\infty} = 378$.

v =	16	32	64	128	256	512	1024
Λ =	6,50	9,25	12,99	18,18	25,60	35,84	49,15
100α =	1,72	2,44	3,44	4,81	6,77	9,48	13,0
K	0,00188	0,00192	0,00192	0,00190	0,00192	0,00194	0,00190

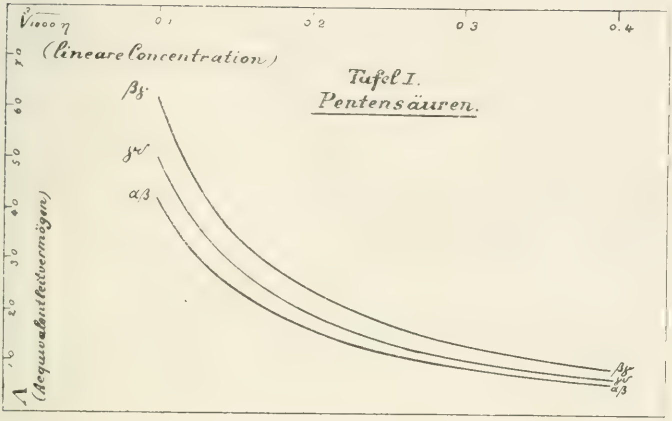
K Mittel = 0,00191.

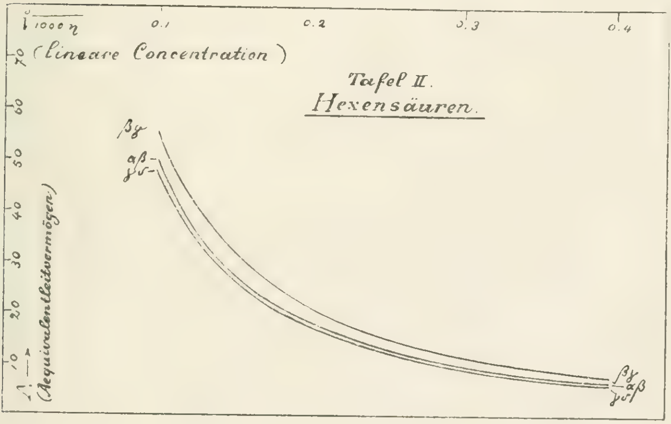
Eine Zusammenstellung führt uns nochmals das Resultat vor Augen:

Butensäuren	αβ	0,0020	βγ	0,0038				
Pentensäuren	αβ	0,00148	βγ	0,00335	γδ	0,00209		
Hexensäuren	αβ	0,00189	βγ	0,00264	γδ	0,00174	δε	0,00191

In dieser Zahlenreihe fällt — abgesehen von der gleich zu diskutierenden Hauptfrage wegen des Unterschiedes zwischen αβ- und βγ-ungesättigen Säuren — der Umstand auf, dass die αβ-Hexensäure einen höheren Dissociationscoefficienten besitzt als die αβ-Pentensäure, während im allgemeinen beim Fortschreiten in der Reihe der Homologen mit steigendem Molekulargewicht die Stärke der Säuren abnimmt.

Aber auch bei den gesättigten Fettsäuren erhält man keine ganz regelmässige Zahlenreihe, wenn man die Dissociationscoefficienten miteinander vergleicht. Die betreffenden Zahlen sind nach neueren Messungen für:


∛1000 η
(lineare Concentration)
0.1
0.2
0.3
0.4
Tafel I.
Pentensäuren.
70
60
50
40
30
20
10
Λ (Aequivalentleitvermögen)
βγ
γδ
αβ
βγ
γδ
αβ


∛1000 η
(lineare Concentration)
0.1
0.2
0.3
0.4
Tafel II.
Hexensäuren.
70
60
50
40
30
20
10
Λ →
(Aequivalentleitvermögen)
βγ
αβ
γδ
βγ
αβ
γδ

Ameisensäure	$H.COOH$	K = 0,021 [67]
Essigsäure	CH_3-COOH	0,0018
Propionsäure	CH_3-CH_2-COOH	0.0013
Buttersäure	$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$	0,00154
N-Valeriansäure	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$	0,00161
N-Capronsäure	$CH_3-(CH_2)_4-COOH$	0,00146
Heptylsäure	$CH_3-(CH_2)_5-COOH$	0,0013
Caprylsäure	$CH_3-(CH_2)_6-COOH$	0,0014

und *Ostwald* äusserte sich schon früher über diese Reihe folgendermassen [68]: „Die Werte für die drei ersten Glieder der Fettsäurereihe nehmen stetig ab, der Eintritt von CH_3 für H erniedrigt also die Reaktionsfähigkeit der Säuren. Vom dritten Gliede ab schwanken die folgenden Werte unregelmässig um kleine Beträge auf und ab. Die weit vom Carboxyl erfolgenden Substitutionen von Wasserstoff durch Methyl haben keinen merklichen Einfluss mehr auf dasselbe, und es machen sich andre Wirkungen geltend, die sich zunächst unseren Kenntnissen entziehen.“ [69]

Das Verhalten der gesättigten Fettsäuren zeigt uns also, dass wir nicht voraussetzen dürfen, es müssten in einer homologen Reihe die Werte der Dissociationscoefficienten ganz stetig verlaufen.

---

[67] Teils nach *E. Franke*, Zeitschr. f. phys. Chemie **16**, 463, teils nach *J. Billitzer*, Monatshefte f. Chemie **20**, 666; Jahrbuch d. Elektrochemie **VI**, 99.

[68] Grundriss der allgemeinen Chemie, II. Aufl. 1890, pag. 380.

[69] Wenn man die Affinitätsgrössen der Fettsäuren auf anderm Wege bestimmt, z. B. durch Katalyse von Methylacetat, so erhält man ganz stetig verlaufende Zahlen. Setzt man den Geschwindigkeitscoefficienten von Salzsäure 1,00, so ergiebt sich für die Reihe der homologen Fettsäuren:

Chlorwasserstoff = 1,00
Ameisensäure = 0,01310
Essigsäure = 0,00345
Propionsäure 0,00304
Buttersäure = 0,00299

vergl. *Ostwald*, Grundriss der allgemeinen Chemie, II. Aufl., pag. 357.

Eine zweite kleine Schwierigkeit bietet sich bei der Betrachtung der Reihe der Dissociationscoefficienten innerhalb einer Messungstabelle bei den verschiedenen Verdünnungen; speziell bei den $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren (II und V) zeigen die einzelnen Werte eine nicht unbedeutende Abnahme bei steigender Verdünnung. Das kann nicht durch eine ungenügende Reinheit der angewandten Säuren veranlasst sein, denn gerade bei den $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren ist auf die Reinigung eine weitgehende Sorgfalt verwendet worden. Es lässt sich leicht ein Grund denken, warum eine solche Unregelmässigkeit gerade bei den $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren eintreten könnte. $\beta\gamma$-Säuren werden durch Säuren, d. h. durch Wasserstoffionen, in γ-Lactone umgelagert. Wenn eine $\beta\gamma$-ungesättigte Säure in wässriger Lösung dissociiert, so bildet sie selbst Wasserstoffionen, und zwar bei steigender Verdünnung verhältnismässig immer mehr. Diese Wasserstoffionen können auf die Säure selbst zurückwirken unter Umlagerung in das isomere Lacton, das nicht dissociierbar und auch nicht dissociiert ist und das infolge dessen scheinbar den Dissociationsgrad der Säure und damit den Dissociationscoefficienten herunterdrückt; dies muss sich speziell bei den höheren Verdünnungen bemerkbar machen. Die Wirkung der Wasserstoffionen der Säure auf den nicht dissociierten Teil der Säure ist eine Autokatalyse, wie sie an einem ganz analogen Fall, dem freiwilligen Übergang der γ-Oxysäuren in γ-Lactone unter dem Einfluss der Wasserstoffionen aus den γ-Oxysäuren von *P. Henry* [70]) und von *Heinr. Goldschmidt* [71]) konstatiert worden ist.

---

[70]) Zeitschr. f. phys. Chemie X, 96; Ber. d. d. chem. Ges. **25**, Ref. 845.

[71]) Ber. d. d. chem. Ges. **29**, 2213; die Versuche betreffen die sog. direkte Esterbildung.

3. Die $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren zeigen höhere Dissociationscoefficienten als die $\alpha\beta$-ungesättigten Säuren.

Der in der Überschrift ausgesprochene Satz geht aus allen Beobachtungen an der Vinylessigsäure, an den Pentensäuren und an den Hexensäuren hervor und lässt sich am einleuchtendsten demonstrieren mit Hilfe der beiden Tafeln, auf welchen die Kurve der $\beta\gamma$-Säuren immer den höchsten Platz einnimmt [72]).

Die von *Ostwald* — man darf wohl sagen — angenommene Regel (denn er hat diese Regel nicht durch vergleichende Messungen an einbasischen Säuren bewiesen) ist demnach zu modifizieren. Allerdings nimmt der Dissociationscoefficient der ungesättigten Säuren mit steigender Entfernung der doppelten Bindung von der Carboxylgruppe *ab* — aber erst bei Vergleichung der $\beta\gamma$- mit den $\gamma\delta$-Säuren [73]); dort, wo der Dissociationscoefficient am höchsten sein sollte, bei den $\alpha\beta$-Säuren, ist er im Gegenteil niedrig, niedriger als bei den $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren, ja bei der $\alpha\beta$-Pentensäure sogar niedriger selbst als bei der $\gamma\delta$-Pentensäure.

Dieselbe Beobachung findet sich in der Litteratur schon mehrfach verzeichnet. So äussert sich *v. Baeyer* [74]) zu den unter *Ostwald* von den Herren *Bethmann* und *Bader* [75]) durchgeführten Messungen an den hydrierten Naphtoësäuren:

---

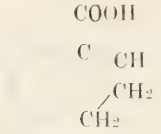
[72]) Die Curve der $\delta\varepsilon$-Hexensäure konnte nicht eingezeichnet werden, weil sie mit derjenigen der $\alpha\beta$-Hexensäure fast vollständig zusammenfällt.

[73]) Über das Verhalten der $\delta\varepsilon$-Säuren kann man noch kein abschliessendes Urteil bilden.

[74]) Ann. d. Chem. **266**, 175.

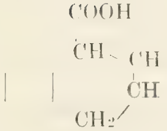
[75]) Zeitschr. f. phys. Chemie **V**, 399 und **VI**, 311.

Δ^1-Dihydro-α-naphtoësäure



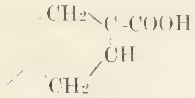
K = 0,0080

Δ^2-Dihydro-α-naphtoësäure



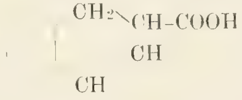
K = 0,0114

Δ^2-Dihydro-β-naphtoësäure



K = 0,00290

Δ^3-Dihydro-β-naphtoësäure

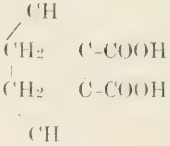


K = 0,00515

„Diese Zahlen wirkten anfangs entmutigend, da die Bestimmungen für die Leitfähigkeit der Dihydrosäuren gerade das Umgekehrte des Resultats gaben, welches man nach *Ostwald*'s früheren Beobachtungen hätte erwarten sollen. Es wurde nämlich in beiden Fällen die labile Dihydrosäure (d. h. die $\beta\gamma$-Säure) stärker befunden als die stabile (die $\alpha\beta$-Säure), d. h. die Säuren, welche die doppelte Bindung in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Carboxyl enthalten, leiten schwächer als die andern. Nachdem nun aber *Ostwald*'s Messungen bei den Hydrophtalsäuren dasselbe Resultat ergeben haben, wird es wahrscheinlich, dass hier ein allgemeineres Gesetz zu Grunde liegt, dessen genauere Kenntnis für die Mechanik der Ringsysteme selbstverständlich von grosser Wichtigkeit sein würde.“

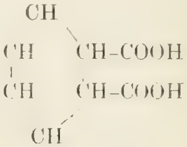
In der That liegt diesem Verhalten ein allgemeineres Gesetz zu Grunde, wie wir gleich noch weiter sehen werden — nur kommt für dasselbe nicht die Ringnatur der Säuren, sondern allein die Stellung der doppelten Bindung in Betracht. Von den betreffenden Messungen an den hydrierten Phtalsäuren seien hier nur die zwei wichtigsten angeführt:

$\triangle^{2,6}$-Dihydrophtalsäure



K = 0,0172

trans-$\triangle^{3,5}$-Dihydrophtalsäure

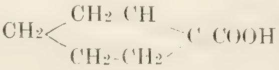


K = 0,0246

wozu *v. Baeyer* bemerkt: „Bei den Dihydrosäuren sollte $\triangle^{2,6}$ am stärksten sein, sie wird aber von $\triangle^{3,5}$ übertroffen“ [76]). Also auch hier ein augenfälliges Beispiel dafür, dass die $\beta\gamma$-Säuren grössere Dissociationscoefficienten aufweisen als die $\alpha\beta$-Säuren.

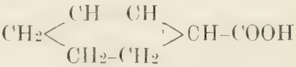
Fernere Beobachtungen solcher Art machte *Ossian Aschan* [77]) an den Tetrahydrobenzoësäuren:

$\triangle^{1}$-Tetrahydrobenzoësäure



flüssige K 0,00214
feste K 0,00221

$\triangle^{2}$-Tetrahydrobenzoësäure



K 0,00305

Er schreibt darüber: „Wie die Dihydronaphtoësäuren zeigen also auch die entsprechenden Derivate der Benzoësäure, dass die Leitfähigkeit im Gegensatz zu den Beobachtungen *Ostwald*'s in der Fettreihe mit der Entfernung der doppelten Bindung von Carboxyl *zunimmt.*"

---

[76]) Ann. d. Chem. **269**, 163.

[77]) Ann. d. Chem. **271**, 237 und 271.

Es ist also durch die Untersuchung der normalen ungesättigten Fettsäuren sowohl als durch ältere Beobachtungen andrer Autoren an ringförmig gebauten partiell hydrierten Benzoësäuren, Phtalsäuren und Naphtoësäuren, übereinstimmend die Thatsache konstatiert worden, dass die $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren höhere Dissociationscoefficienten besitzen als die $\alpha\beta$-ungesättigten Säuren.

Man wird versucht sein, den Grund hiefür zuerst bei den $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren zu suchen.

Vielleicht bieten räumliche Verhältnisse eine Handhabe. Wenn man aus den bekannten tetraëdrischen Kohlenstoffmodellen, deren Axen die Valenzrichtungen des Kohlenstoffs repräsentieren sollen, eine Kette von 4 oder 5 Atomen aufbaut, in der Art, dass die Centren aller Tetraëder in einer Ebene liegen und dass die Atommodelle immer auf der gleichen Seite aneinander gesetzt werden, so erhält man eine bogen- oder sichelförmige Anordnung, in welcher das vierte — nach der bei den Säuren üblichen Bezeichnung das γ-Kohlenstoffatom (da das erste als Carboxylkohlenstoff nicht gezählt wird) — und das fünfte, das δ-Kohlenstoffatom, ziemlich nahe an das erste, das Carboxylkohlenstoffatom, herangerückt ist. Diese relative Annäherung von γ- und δ-Stellung an die Carboxylgruppe hat z. B. *J. Wislicenus* [78]) herangezogen, um das Zustandekommen der Ringschlüsse bei den γ-Lactonen und δ-Lactonen in eleganter Weise zu erklären.

---

[78]) Über räumliche Anordnung der Atome in organischen Molekeln, 1887.

In unserm Fall würde der Einfluss der räumlichen Annäherung so zu deuten sein, dass die in βγ-befindliche doppelte Bindung durch die Nähe des β-Kohlenstoffatoms eine relativ starke Wirkung auf die Carboxylgruppe ausübt; aber diese Erklärung hält nicht stand, erstens, weil das α-Kohlenstoffatom immer noch näher an der Carboxylgruppe steht als das geeignet herumgebogene γ-Kohlenstoffatom, und zweitens, weil das δ-Kohlenstoffatom der Carboxylgruppe noch näher kommt als das γ-Atom, und demgemäss die γδ-Säuren den höchsten Dissociationscoefficienten haben müssten, was eben nicht der Fall ist.

Nicht die βγ-ungesättigten Säuren also nehmen eine Ausnahmsstellung ein; nicht sie sind stärker dissociiert als man erwarten sollte; sondern im Gegenteil zeigen die βγ-, die γδ- und die δε-ungesättigten Säuren das normale Verhalten. Die αβ-Säuren aber sind viel weniger dissociiert, als dies von einer ungesättigten Säure mit einer als negativer Substituent wirkenden Doppelbindung in unmittelbarer Verbindung mit der Carboxylgruppe vorauszusetzen war.

4. Die αβ-Stellung bedingt einen auffallend schwachen Einfluss der Doppelbindung auf die Dissociationsconstante der ungesättigten Säure.

In einzelnen Fällen beeinflusst die αβ-Doppelbindung den Dissociationscoefficienten einer Säure sogar negativ, derart, dass die ungesättigte Säure einen niedrigeren Coefficienten aufweist als die entsprechende gesättigte Säure. In der folgenden Zusammenstellung:

Propionsäure	0,0013	Acrylsäure	0,0056		
Buttersäure	0,00154	Crotonsäure	0,0020	Vinylessigsäure	0,0038
N-Valeriansäure	0,00161	αβ-Pentensäure	0,00148	βγ-Pentensäure	0,00335
Kapronsäure	0,00146	αβ-Hexensäure	0.00189	βγ-Hexensäure	0,00264

tritt diese merkwürdige Erscheinung bei der *αβ*-Pentensäure auf; die andern Reihen — ausser Propionsäure-Acrylsäure — zeigen nur unbedeutende Zunahme des Coefficienten bei Eintritt der *αβ*-Doppelbindung gegenüber dem grossen Sprung zwischen der gesättigten und der *βγ*-ungesättigten Säure. Man erhält geradezu den Eindruck, dass die *αβ*-Doppelbindung die Beweglichkeit des Wasserstoffatoms der Carboxylgruppe herabsetzt.

Eine derartige Wirkung lässt sich nun auch in der That verstehen, wenn man die *Thiele*'sche Theorie der Doppelbindung [79]) zu Hilfe nimmt. Nach *Thiele*'s Annahme verbraucht eine Doppelbindung nicht die ganze Energie der doppelt gebundenen Atome, sondern lässt noch einen Energierest, die sogenannten Partialvalenzen übrig. An Stelle der früheren Schreibweise der Doppelbindung:

$$\mathrm{C}\quad\mathrm{C}$$

tritt die neue

$$\mathrm{C}\quad\mathrm{C}$$

worin die punktierten Striche die Partialvalenzen ausdrücken sollen. Eine derartige Anschauung ist sehr geeignet, die ungesättigte Natur der Doppelbindung zu erklären; den Angriffspunkt für die addierten Atome und Atomgruppen bilden eben die Partialvalenzen.

In einem System aus zwei hintereinander liegenden Doppelbindungen

$$\mathrm{C}\quad\mathrm{C}-\mathrm{C}\quad\mathrm{C}$$

vereinigen die mittleren Atome ihre Partialvalenzen zu einer neuen, inaktiven Doppelbindung:

$$\mathrm{C}\quad\mathrm{C}\_\mathrm{C}\quad\mathrm{C}$$

so bezeichnet, weil sie keine Partialvalenzen mehr enthält. Aus dem ursprünglichen System mit zwei unabhängigen Doppelbindungen und vier freien Partialvalenzen wird also ein neues, in welchem die Doppelbindungen in Beziehung zu einander getreten sind, zu *konjugierten* Doppelbindungen, und das nur mehr zwei freie Partialvalenzen enthält. Derartige Umwandlungen erklären sich leicht durch das allgemeine Bestreben der Molekeln, in möglichst gesättigte Verbindungen überzugehen.

---

[79]) Ann. d. Chem. **306**, 87 ff.

Die konjugierten Doppelbindungen vermögen nur noch zwei Atome und zwar an den Enden des Systems anzulagern. Dabei werden die äusseren Doppelbindungen zu einfachen und die mittlere inaktive zu einer aktiven mit zwei Partialvalenzen. Derartige Vorgänge sind zur Genüge bekannt durch das Verhalten zweifach ungesättigter Säuren bei der Reduktion, wovon schon im ersten Kapitel, Abschnitt 1, die Rede war.

Doppelbindungen existieren nicht nur zwischen Kohlenstoffatomen allein, sondern z. B. auch zwischen Kohlenstoff- und Sauerstoffatomen. Eine $\alpha\beta$-ungesättigte Säure

$$-\mathrm{CH} \quad \mathrm{CH}\;\mathrm{C(OH)} \quad \mathrm{O}$$

enthält ein System von Doppelbindungen, das sicher auch zu einem konjugierten wird [80]):

$$\mathrm{CH} \quad \mathrm{CH} \smile \mathrm{C(OH)} \quad \mathrm{O}$$

---

[80]) Man kann diese Annahme benützen zu einer plausibeln Erklärung der Thatsache, dass die $\alpha\beta$-ungesättigten Säuren sich im Gegensatz zu den $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren durch Natriumamalgam direkt reduzieren lassen. In dem konjugierten System der $\alpha\beta$-ungesättigten Säuren wird Wasserstoff an den Enden addiert und das Produkt lagert sich sofort um:

$$-\mathrm{CH} \quad \mathrm{CH} \smile \mathrm{C(OH)} \quad \mathrm{O} + \mathrm{H_2} \qquad \mathrm{CH_2}\text{-}\mathrm{CH} \quad \mathrm{C(OH)}\text{-}\mathrm{OH} \rightarrow$$

$$\rightarrow \quad \mathrm{CH_2}\text{-}\mathrm{CH_2}\text{-}\mathrm{C(OH} \quad \mathrm{O}$$

zu einer gesättigten Säure.

Aus diesen wenigen Grundsätzen lässt sich möglicherweise ohne weiteres eine Erklärung ableiten für die niedrigen Dissociationscoefficienten der $\alpha\beta$-ungesättigten Säuren. Nach *Thiele* ist eine $\alpha\beta$-ungesättigte Säure ein gesättigteres Gebilde als eine $\beta\gamma$-ungesättigte Säure

C-C C = C O gesättigter als C C C-C O

und wir können erweiternd hinzufügen: auch gesättigter als eine $\gamma\delta$- oder $\delta\varepsilon$-Säure.

Ist es dann nicht geradezu selbstverständlich, dass das gesättigtere Gebilde auch weniger Neigung besitzt, sein Wasserstoff-Kation abzuspalten als das ungesättigtere?

Gewisse Anschauungen, die *Vorländer* [81]) in einer Abhandlung über die Konstitutionsformeln der Säuren entwickelte, führen zu demselben Schluss: nach *Vorländer* enthalten alle Säuren eine Kombination von vier Elementen:

$$\overset{1}{\mathrm{H}}.\ \overset{2}{\mathrm{E}}.\ \overset{3}{\mathrm{E}}:\ \overset{4}{\mathrm{E}}.$$

wobei die Elemente 3 und 4 die „reaktive Gruppe" bilden. Die Beweglichkeit des Wasserstoffatoms 1 hängt zunächst ab von dem Nichtmetall 2 (im Falle der Carboxylgruppe ist dies ein Sauerstoffatom), mit welchem der Wasserstoff in direkter Verbindung steht. Dann wird die Beweglichkeit von den Nichtmetallen 3 und 4 (bei der Carboxylgruppe C und O) beinflusst, besonders von dem ungesättigten Zustand derselben.

Der ungesättigte Zustand — so lässt sich im Hinblick auf die vorliegende Frage weiter argumentieren — der Elemente 3 und 4 ist nun bei den gesättigten Säuren oder bei den $\beta\gamma$-, $\gamma\delta$- etc. ungesättigten Säuren mit den *Thiele*'schen Formeln

---

[81]) Ber. d. d. chem. Ges. **34**, 1633.

$C{-}C\ C{-}C(OH)\cdot O \qquad\qquad -C\ \ C\ C\ C(OH)\cdot O$

gewiss stärker ausgeprägt als in den *αβ*-ungesättigten Säuren:

$$C\cdot C \underset{\smile}{=} C(OH)\ \ O$$

wo eine der beiden Partialvalenzen der Carbonylgruppe durch Konjugierung mit der benachbarten Doppelbindung abgesättigt ist — und so muss also nach *Vorländer* die Beweglichkeit des Wasserstoffatoms in einer *αβ*-ungesättigten Säure *geringer* sein als in einer *βγ*-ungesättigten, was mit unsern Beobachtungen vollkommen übereinstimmt.

Thiele suchte die gesättigtere Natur einer *αβ*-Säure gegenüber der *βγ*-Säure auch nachzuweisen durch den geringeren Energieinhalt der ersteren, gemessen durch die Verbrennungswärme. „Nach den oben entwickelten Anschauungen sollte eine *αβ*-ungesättigte Säure eine geringere Verbrennungswärme haben als eine *βγ*-ungesättigte. Es liegt dafür eine Litteraturangabe vor: Δ^1-Dihydromuconsäure (*αβ*) hat die Verbrennungswärme 629,1 Cal., Δ^2 (*βγ*) hat 629,4 Cal. (*Stohmann*). Die Differenz liegt zwar in dem richtigen Sinne, ist aber allerdings geringer als man erwarten sollte“ [82]).

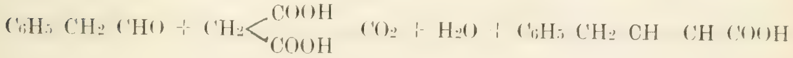
Leider sind derartige Messungen an einbasischen ungesättigten Säuren noch nicht ausgeführt worden. Aber eine aus ganz andern Gründen begonnene Untersuchung weist uns auf Analogieen hin, die wir vielleicht hier zum Beweis heranziehen dürfen.

Nachdem die Vinylessigsäure dargestellt und damit alle drei der Theorie nach möglichen isomeren Butensäuren mit gerader Kette bekannt waren, sollte versucht werden, zu der längst bekannten Phenyl-*βγ*-butensäure –

---

[82]) *Thiele*. Ann. d. Chem. **306**, 103.

Phenylisocrotonsäure auch das entsprechende Stereoisomerenpaar der Phenyl-$\alpha\beta$-butensäuren zu gewinnen. Eine Phenyl-$\alpha\beta$-butensäure hat *Fittig*[83]) durch Umlagerung der Phenyl-$\beta\gamma$-butensäure mit Natronlauge, aber in auffallend geringer Ausbeute erhalten. Um die Phenyl-$\alpha\beta$-butensäure bequemer darzustellen, wurde Phenylacetaldehyd mit Malonsäure kondensiert bei Gegenwart von Pyridin oder von Essigsäureanhydrid: aber statt der nach der Reaktion:



$$C_6H_5\,CH_2\,CHO + CH_2\!<\!\begin{matrix}COOH\\COOH\end{matrix} \quad CO_2 + H_2O + C_6H_5\,CH_2\,CH \quad CH\,COOH$$

zu erwartenden Phenyl-$\alpha\beta$-butensäure resultierte fast ausschliesslich Phenyl-$\beta\gamma$-butensäure oder Phenylisocrotonsäure[84]). Zweifellos ist zuerst Phenyl-$\alpha\beta$-butensäure gebildet worden; sie ist aber so unbeständig, dass sie unter den Bedingungen der Reaktion ohne weiteres in Phenyl-$\beta\gamma$-butensäure übergeht.

Vergleicht man die Beständigkeit der Butensäuren und der Phenylbutensäuren miteinander:

Vinylessigsäure, labil.	(feste) Crotonsäure, stabil.
$CH_2\;\;CH{-}CH_2{-}COOH$	$CH_3{-}CH\;\;CH\;COOH$
Phenylvinylessigsäure, stabil.	Phenyl-$\alpha\beta$-crotonsäure, labil.
$C_6H_5\;CH\;\;CH\;CH_2\;COOH$	$C_6H_5{-}CH_2{-}CH\;\;CH{-}COOH$

so fällt die direkte Umkehrung der Stabilitätsverhältnisse ohne weiteres in die Augen[85]). In den Phenylbutensäuren spielt die Phenylgruppe sozusagen dieselbe Rolle, wie in den Butensäuren die Carboxylgruppe; in den fetten Säuren zieht die Carboxylgruppe, in den aromatischen die Phenylgruppe die Doppelbindung zu sich heran 86). Man kann auf Grund obiger Beobachtungen direkt das Phenyl in Parallele setzen zum Carboxyl, und miteinander vergleichen

---

[83]) *A. Luib*, Ann. d. Chem. **283**, 297.

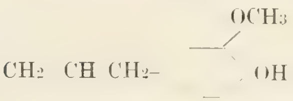
[84]) Herr *E. Alber* führt diese Versuche aus.

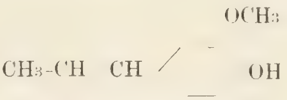
[85]) Interessante Aufschlüsse sind in dieser Beziehung auch von der von Herrn *W. Latzko* dargestellten $\beta\gamma$-Diphenylvinylessigsäure $C_6H_5{-}CH\;\;C(C_6H_5)\;CH_2\;COOH$ zu erwarten.

Vinylesssigsäure (labil) und $\beta\gamma$-Propenylbenzol (labil)
$CH_2 = CH-CH_2-COOH$ $CH_2 = CH-CH_2-C_6H_5$

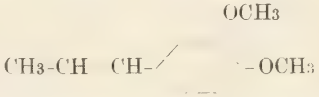
Crotonsäure (stabil) und $\alpha\beta$-Propenylbenzol (stabil)
$CH_3-CH = CH-COOH$ $CH_3-CH = CH-C_6H_5$

Die Analogieen beider Verbindungsreihen werden durch beliebig herausgegriffene Beispiele belegt.

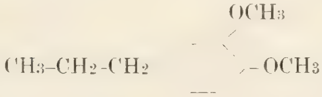
Eugenol, 

wird durch alkalische Mittel in Isoeugenol 

umgelagert 87). Eugenol ist nicht reduzierbar, aber Isoeugenolmethyläther



wird von Natrium und Alkohol zu Dihydroeugenolmethyläther



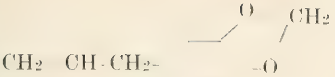
reduziert 88).

---

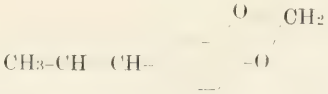
86) Auf die letztere Thatsache und auf ihre Verwertung bezüglich der Auffassung des Benzols, an dessen Kohlenstoffatomen wahrscheinlich noch ein geringer Rest freier Affinität vorhanden ist, hat auch schon *Thiele* hingewiesen, Ann. d. Chem. **306**, 126, Fussnote 54).

87) *Tiemann*, Ber. d. d. chem. Ges. **24**, 2871; *Einhorn*, DRP. 76982.

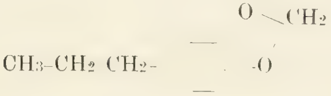
88) *Ciamician* und *Silber*, Ber. d. d. chem. Ges. **23**, 1166.

Safrol 

ist sehr beständig gegen Reduktionsmittel[89]; das daraus durch Umlagerung mit alkoholischem Kali erhaltene Isosafrol



wird durch Natrium in alkoholischer Lösung zu

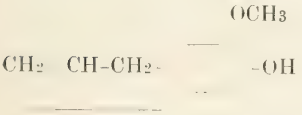
Dihydrosafrol 

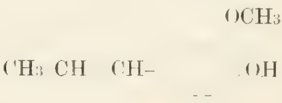
reduziert[89].

Die Umlagerung mit Alkali führt von den βγ-Propenylbenzolen zu den αβ-Propenylbenzolen; die Reduktion mit Natrium tritt nur ein bei den αβ-Propenylbenzolen, nicht bei den βγ-Propenylbenzolverbindungen[90].

Demnach sind die αβ-Propenylbenzole die gesättigteren von den beiden Isomeren; das drückt sich in schönster Weise in den Verbrennungswärmen aus:

βγ.		αβ.	
Eugenol	1286,9 Cal.	Isoeugenol	1278,1 Cal.



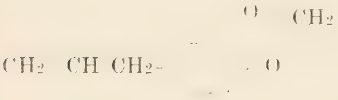


---

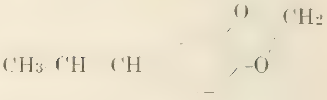
[89] *Ciamician* und *Silber*, Ber. d. d. chem. Ges. **23**, 1162.

[90] Hieher gehört auch die bemerkenswerte Fähigkeit der Phenylisocrotonsäure, durch Natriumamalgam reduziert zu werden zur Phenylbuttersäure, vergl. *Jayne*, Ann. d. Chem. **216**, 108, trotzdem sie bez. der Carboxylgruppe eine βγ-ungesättigte Säure ist.

$\beta\gamma$. Safrol 1244,7 Cal.



$\alpha\beta$. Isosafrol 1234,5 Cal.[91]



Die $\alpha\beta$-Propenylverbindungen besitzen also bedeutend niedrigere Verbrennungswärmen als die $\beta\gamma$-Propenylverbindungen: die Konjugierung der $\alpha\beta$-Doppelbindung, die in den $\alpha\beta$-Propenylbenzolen zu der relativ grösseren Sättigung führt, findet vermutlich mit Doppelbindungen des Benzolkerns auf Grund der im Benzol noch vorhandenen Affinitätsreste statt[92].

Es lassen sich auf diese Weise Schlüsse ziehen von dem relativ gesättigten Charakter der $\alpha\beta$-Propenylbenzole auf denjenigen der $\alpha\beta$-ungesättigten Säuren — bis auch an diesen durch direkte Bestimmung der Verbrennungswärmen die auf Grund der Dissociationscoefficienten vermuteten Unterschiede im Energieinhalt (gegenüber dem der $\beta\gamma$-ungesättigten Säuren) bewiesen werden können.

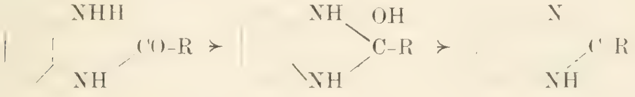
Es muss nun zum Schluss noch ausdrücklich betont werden, dass die Grösse der elektrolytischen Dissociationscoefficienten nicht ohne weiteres als absolutes Mass für die Affinitätsgrösse oder „Stärke“ der Säuren angesehen werden darf. Die Zahlen, die für die Stärke der Säuren auf dynamischem Wege, durch Messung von Reaktionsgeschwindigkeiten, erhalten werden, verlaufen nicht unbedingt parallel mit der Reihe der Dissociationscoefficienten, und es müssen deshalb nun vor allem vergleichende Messungen mit ungesättigten Säuren an der Katalyse von Methylacetat, oder an der Inversion von Rohrzuckerlösung angestellt werden. Was in der vorstehenden Abhandlung dargelegt und diskutiert ist, betrifft nur die Beziehungen zwischen der elektrolytischen Dissociation ungesättigter Säuren und der Stellung der Doppelbindung in der Molekel.

---

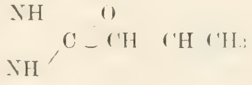
[91] *Stohmann*. Ber. d. d. chem. Ges. **25**, Ref. 897; daselbst noch zahlreiche andere Beispiele.

[92] Vergl. Fussnote [86].

Wir haben bisher nur eine Beobachtung chemisch-dynamischer Natur über die „Stärke“ $\alpha\beta$-ungesättigter Säuren gemacht. Im 6. Abschnitt des ersten Kapitels ist gezeigt worden, dass Crotonsäure keine Anhydrobase bildet, oder dass Crotonyltoluylendiamin den Imidazolring nicht schliesst. Vermutlich kommt ein derartiger Ringschluss in zwei Phasen zu Stande: zuerst addiert die Carbonylgruppe NH und H unter Bildung eines „Orthosäurederivates“ das dann wieder Wasser abspaltet unter Schliessung des Ringes, nach



Die Crotonsäure kann diese Reaktion nicht geben, offenbar weil das Carbonyl ihrer Carboxylgruppe nicht mehr addieren kann: denn es besitzt nur noch eine Partialvalenz



anstatt zweier, wie dasjenige einer gesättigten Fettsäure.

Ist diese Anschauung richtig, so müssten alle gesättigten Fettsäuren, sowie alle $\beta\gamma$-, $\gamma\delta$- etc. ungesättigten Fettsäuren Imidazole geben — nur gerade die $\alpha\beta$-ungesättigten Säuren dürften dies nicht thun. Es muss deshalb in dieser Richtung vor allem weiteres Material gesammelt werden.

BASEL, im Oktober 1902.

Die Bedeutung der Farbstoffe im Haushalte der Natur.

Eine farbenchemisch biologische Studie.

Von

Rudolf Nietzki.

Bei einem Blick in unsere Umgebung sehen wir, dass die meisten Gegenstände eine mehr oder weniger ausgesprochene Färbung zeigen, forschen wir aber nach der Ursache dieser Färbung, so werden wir finden, dass dieselbe durch die Beimengung verhältnissmässig geringer Mengen gefärbter Stoffe veranlasst wird, welche wir als Farbstoffe im weiteren Sinne bezeichnen. Wenn wir von der sehr geringen Färbung absehen, welche auch die sogenannten farblosen Körper, wie Wasser und Luft, in dicken Schichten zeigen, so kommen wir zu der Überzeugung, dass die Hauptmasse der Körper farblos ist. So verdanken die meisten Mineralien ihre Färbung einer Beimengung von Eisen, Mangan und anderen Schwermetallen sowie von organischen Substanzen.

Noch auffallender aber ist diese Erscheinung in der organischen Welt. Die Materialien, aus denen die einfachsten Zellen und Gefässe der Pflanzen und Tiere aufgebaut sind, die Zellulose, die Eiweisstoffe, etc. sind ungefärbt, und deshalb finden wir bei den niedrigen Organismen die Färbung nur ausnahmsweise, bei den höheren aber wird sie zur Regel und ist dort durch das Vorhandensein ganz charakteristischer Farbstoffe bedingt. Es kommen hier namentlich zwei solcher Farbstoffe in

Betracht: der Blutfarbstoff, der in allen warmblütigen Tieren, und das Chlorophyll, welches in allen höheren Pflanzen eine wichtige Rolle spielt.

Beide gehören den organischen Farbstoffen an, sie bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, denen sich in beiden Fällen noch das Eisen hinzugesellt.

Wenn auch in den letzten 25 Jahren die Forschungen in der organischen Chemie die Konstitution der künstlichen Farbstoffe und eines grossen Teils der natürlichen, aufgeklärt haben, so müssen wir doch eingestehen, dass unsere Kenntnisse über diese beiden wichtigsten Farbstoffe fast auf dem Nullpunkt stehen. Die wichtigsten sind sie jedenfalls, denn der Blutfarbstoff unterhält den Atmungsprozess der Tiere, das Chlorophyll vermittelt die Kohlenstoffassimilation in der Pflanze, ohne die Beiden ist daher ein höheres Tier- und Pflanzenleben undenkbar.

Es drängt sich uns nun die Frage auf: Warum sind diese Körper Farbstoffe? Ist die Färbung hier eine ganz zufällige Beigabe, oder steht sie in einem gewissen Zusammenhang mit der Eigenschaft der Substanzen und ihren Funktionen? Die Erfahrung scheint diese Frage im letzteren Sinne zu beantworten.

Das Chlorophyll wird in verschiedenen Algen, Diatomeen und Flagellaten durch andere Farbstoffe ersetzt, und trotzdem findet Kohlenstoffassimilation statt. Farbstoffe aber müssen es sein, darüber scheinen die Botaniker einig zu sein, ja, sie ziehen sogar aus der Gegenwart von Farbstoffen den Schluss auf das Vorhandensein von Assimilation. Erklärungen für diese Thatsache sind von botanischer Seite versucht worden. Man betrachtet die Wirkung der Farbstoffe als eine rein physikalische und nimmt an, dass sie gewissermassen als

Lichtfilter wirken und nur diejenige Lichtgattung absorbieren, welche gerade für den Assimilationsprozess am wirksamsten ist. Ich muss sagen, dass mich diese Erklärung niemals befriedigt hat, und dass ich mich deshalb bemühte eine Erklärung zu suchen, welche die chemischen Eigenschaften der Farbstoffe in Rechnung zieht und ihnen eine chemische Rolle in diesem Prozess anweist.

Zum Verständnis des nachfolgenden wird es nötig sein, dass wir auf die chemischen Eigenschaften der grossen Körpergruppe, die wir als organische Farbstoffe betrachten, etwas näher eingehen. Dass die Färbung keine zufällige Eigenschaft organischer Kohlenstoffverbindungen ist, sondern mit der chemischen Konstitution im engen Zusammenhang steht, ist schon lange erkannt worden, und zwar war es eine allen Farbstoffen gemeinsame Reaktion, welche zuerst zu der Ansicht führte.

Alle Farbstoffe gehen durch nascenten Wasserstoff, also durch Behandlung mit Reduktionsmitteln bei Gegenwart von Wasser, in farblose Substanzen über, aus denen sie durch Oxydation, also durch Entziehung von Wasserstoff, wieder hergestellt werden können.

Als klassisches Beispiel kann hier die schon seit Jahrhunderten bekannte Indigoküpe angeführt werden. Das Indigoblau, ein aus Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehender Farbstoff ist in den meisten indifferenten Lösungsmitteln unlöslich. Setzt man es jedoch in irgend einer Weise der Wirkung des nascierenden Wasserstoffs aus, indem man es mit reduzierenden Mitteln, wie Zucker, arseniger Säure, Eisenoxydul, Zinkstaub etc. bei Gegenwart von Alkalien behandelt, so geht es in eine farblose alkalilösliche Substanz über, „das Indigweiss,“ welches sich, der Luft ausgesetzt, leicht wieder in unlösliches Indigoblau verwandelt. Unter dem Namen Indigoküpe ist die Indigweisslösung ein uraltes und noch heute wichtiges Färbemittel, denn auf der damit getränkten Zeugfaser schlägt sich durch oxydierenden Einfluss der Luft unlösliches Indigoblau nieder, und diese wird gleichmässig und echt blau gefärbt.

Die chemische Untersuchung hat gelehrt, dass Indigweiss sich von Indigblau nur durch den Mehrgehalt zweier Wasserstoffatome unterscheidet, welche ihm bei der Oxydation wieder entzogen werden.

Bei seinen klassischen Untersuchungen der ersten künstlichen Farbstoffe fand A. W. Hofmann, dass alle Farbstoffe der Rosanilinreihe sich dem Indigo durchaus analog verhalten. Mit dem Namen „Leukanilin", welchen Hofmann der aus Rosanilin dargestellten farblosen Substanz gab, führte er den Namen Leukokörper oder Leukoverbindungen in die organische Chemie ein.

Heutzutage betrachtet man es als ganz selbstverständlich, dass zu jedem Farbstoff der entsprechende Leukokörper gehört, und wenn es nicht gelingt denselben darzustellen, suchen wir die Ursache nur in unseren ungenügenden experimentellen Mitteln. Gräbe und Liebermann haben zuerst den Satz aufgestellt, dass die Reduktionsfähigkeit eine integrierende Eigenschaft aller organischen Farbstoffe sei. Zum ersten Mal wiesen sie auf die Analogie mit dem lange bekannten Chinon hin, welches, lebhaft gelb gefärbt, durch Reduktion unter Aufnahme von 2 Wasserstoffatomen in das farblose Hydrochinon übergeht.

Gräbe und Liebermann waren daraufhin geneigt im Chinon den Prototyp sämmtlicher Farbstoffe zu erblicken. Später trat O. N. Witt mit seiner ausführlichen Farbstofftheorie an die Öffentlichkeit, und wies darauf hin, dass in allen Farbstoffen bestimmte Atomgruppen vorhanden seien, die er als Chromophore bezeichnet, und deren Wirkung durch andre Radikale, die Auxochrome, gesteigert würde. Bei der weiteren

Durchführung dieser Theorie hat sich gezeigt, dass allerdings ein grosser Teil der Chromophore (wenn auch nicht alle) anolog der Chinongruppe konstituiert ist, dass aber alle als ungesättigte Radikale anzusehen sind. Sie haben alle das Bestreben sich durch Addition von Wasserstoff zu sättigen. Durch diese Sättigung aber wird die Färbung aufgehoben, und der Farbstoff geht in den Leukokörper über.

Nicht alle Leukokörper sind so leicht oxydierbar, dass sie schon durch den Luftsauerstoff in Farbstoffe verwandelt werden, es müssen vielmehr zur Erreichung dieses Zweckes Oxydationsmittel angewandt werden; andre dagegen oxydieren sich so leicht, dass die Leukoverbindungen überhaupt nicht fassbar sind. Andrerseits sind unsere Farbstoffe ausserordentlich widerstandsfähig gegen Reduktionsmittel, während viele andre durch die Reduktion völlig zersetzt werden. Leukokörper können gleichzeitig noch Farbstoffe sein, wenn ursprünglich mehrere Chromophore vorhanden und nur ein Teil davon reduziert war.

Aus dem hier gesagten aber geht hervor, dass Farbstoffe als Oxydationsmittel, und da sie immer wieder regeneriert werden, als Sauerstoffüberträger dienen können. In umgekehrter Weise aber fungieren die Leukokörper als Wasserstoffüberträger.

Die sauerstoffübertragende Wirkung lässt sich leicht durch einen Versuch zeigen, der zuerst, in etwas andrer Form, von A. W. Hofmann[1]) angestellt wurde. Bringt man in eine Kochflasche eine nicht zu konzentrierte Lösung von Safranin in verdünntem Alkohol, fügt einige Tropfen Ammoniak und etwas Zinkstaub hinzu, so wird nach einigem Erwärmen und Schütteln die intensiv rote Lösung entfärbt und bleibt farblos, wenn die Flasche nach dem Austreiben der Luft mit einem gut schliessenden Stöpsel verschlossen wird. Ein blosses Lüften des Stopfens und Einlassen von Luft bewirkt momentane Rotfärbung, erneutes Schliessen und Schütteln aber Entfärbung.

---

[1]) Hofmann bediente sich statt des hier verwandten Safranins, des Naphtalinrots, eines dem ersteren in seiner Konstitution verwandten Farbstoffes.

Man kann nun diese Oxydation und Reduktion so lange wiederholen, bis alles vorhandene Zink zu Zinkoxyd oxydiert ist Da Zinkstaub durch verdünntes Ammoniak nicht angegriffen wird, so ist die Oxydation durch die übertragende Wirkung des Farbstoffes bewirkt worden. Letzterer hat das Wasser zersetzt, sich des Wasserstoffs bemächtigt und den Sauerstoff für das Zink disponibel gemacht. Bei der Oxydation des Leukokörpers aber hat dieser seinen Wasserstoff an den Luftsauerstoff abgegeben, ersterem kommt hier also die Rolle eines Wasserstoffüberträgers zu.

Im Grunde aber hat das beschriebene Experiment eine gewisse Ähnlichkeit mit dem tierischen Atmungsprozess. Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, dass das Venenblut zum Arterienblut in derselben Beziehung steht, wie der Leukokörper zum Farbstoffe.

Die blaue Farbe des Venenblutes kann vom Vorhandensein eines zweiten Chromophors oder von einem beigemengten nicht reduzierbaren Farbstoff herrühren. Wir haben in den Lungen die Oxydation des Leukokörpers zum Farbstoff, des Venenblutes zum Arterienblut, die Rolle des Zinkstaubes aber spielen alle kohlenstoffhaltigen Substanzen, welche vom Arterienblut oxydiert und schliesslich zu Kohlensäure verbrannt werden. Beiläufig unterscheidet sich diese Auffassung fast gar nicht von der bisher üblichen, der Chemiker ist so sehr daran gewöhnt Wasserstoffabspaltung und Oxydation einerseits, Wasserstoffaddition und Reduktion anderseits in eine Kategorie zu stellen, dass er kaum zwischen diesen Reaktionen unterscheidet. So ist es in vielen Fällen ganz gleichgültig, ob wir eine Reaktion mit dem wasserstoffentziehenden Chlor oder mit der sauerstoffabgebenden Chromsäure ausführen. Mehr Schwierigkeiten macht die Anwendung dieser Hypothese zur Erklärung der Kohlenstoff-Assimilation in den Pflanzen.

Die Pflanze atmet Kohlensäure ein und scheidet Sauerstoff aus. Da der ganze Prozess bei Gegenwart von Wasser vor sich geht, so kann er in verschiedener Weise aufgefasst werden. Nach der meist üblichen Ansicht wird dem Kohlendioxyd direkt der Sauerstoff entzogen und durch Einwirkung von Wasser auf den nascenten Kohlenstoff entstehen dann die sogenannten Kohlenhydrate wie Zucker, Stärke etc. Dem Chemiker scheint der Sprung von der Kohlensäure zum Kohlenhydrat etwas zu gross, als dass er sich mit dieser Annahme befreunden könnte, und es ist denn auch von chemischer Seite eine andre Hypothese aufgestellt worden.

A. v. Baeyer spricht die Ansicht aus, dass zunächst Wasser zersetzt wird, und durch Einwirkung des nascenten Wasserstoffs auf die Kohlensäure Formaldehyd entstehe, welcher sich in der ihm eignen Weise weiter polymerisiert und kondensiert. Es wird dieser Ansicht entgegengehalten, dass Formaldehyd eine eiweissfällende, daher für alles Pflanzenleben giftige Substanz sei, deren Existenz im lebenden Organismus problematisch erscheinen muss.

Der Kernpunkt der Baeyerschen Hypothese liegt aber nicht in der Formaldehydbildung, sondern in der Annahme des nascenten Wasserstoffs als Reduktionsmittel für die Kohlensäure. Auch für diesen Prozess ist ein Farbstoff, das Chlorophyll, das unentbehrliche Reagenz.

Versuchen wir, uns die Wirkung desselben, mit Hilfe der bekannten Reaktionen der Farbstoffe klar zu machen, und kehren wir wieder zu dem Hofmannschen Versuch zurück. Bei der Reduktion des Farbstoffs mit

Zinkstaub wird ebenfalls Wasser zersetzt, der Wasserstoff tritt zu ersterem, während sich das Zink des Sauerstoffs bemächtigt. Der Farbstoff allein kann das Wasser nicht zersetzen, denn dieser Prozess erfordert die Zufuhr einer Energiemenge, welche der Verbrennungswärme des Wasserstoffs gleich ist, und wenn vielleicht die Reduktion des Farbstoffs Wärme erzeugt, so würde diese doch nicht ausreichen, wenn nicht gleichzeitig eine zweite Reaktion daneben herliefe, welche die für den Prozess nötige Energiemenge erzeugt: Die Verbrennung des Zinks zu Zinkoxyd.

Eine ähnliche Wirkung, wie sie hier dem Zink zukommt, müssen wir im Atmungsprozess der Tiere den verbrennenden Kohlenstoffverbindungen zuschreiben, diese unterhalten aber nicht allein die chemische Reaktion, sie liefern auch den nötigen Wärmeüberschuss für den Lebensprozess.

Betrachten wir nun die Kohlenstoffassimilation der Pflanze von diesem Standpunkte und nehmen an, dass das Chlorophyll Wasser zersetzt, sich mit dem Wasserstoff zum Leukokörper vereinigt und der Sauerstoff in Freiheit gesetzt wird, so sehen wir, dass in dieser Reaktion ein wichtiger Faktor fehlt: Die durch die Nebenreaktion gelieferte Verbrennungswärme beziehungsweise Energiezufuhr. Für diese muss ein Ersatz vorhanden sein und ihn schafft das Sonnenlicht, ohne welches jede Kohlenstoffassimilation unmöglich ist.

Im weiteren Verlauf des Prozesses können wir annehmen, dass der Leukokörper seinen Wasserstoff auf die Kohlensäure überträgt, und damit sind die Bedingungen zum Aufbau der komplizierteren Kohlenstoffverbindungen gegeben, gleichgiltig ob wir den etwas bissigen Formaldehyd, die harmlosere Ameisensäure, oder etwas anderes als erstes Durchgangsprodukt annehmen wollen.

Jedenfalls aber wird das Chlorophyll regeneriert und der Prozess kann sich ad infinitum wiederholen. Über die Einwirkung des Sonnenlichtes auf organische Körper, speziell auf Farbstoffe, ist bis jetzt nicht viel bekannt, und es hätte seine Bedenken, wenn man aus dem Verhalten der toten Materie einen Schluss auf den Vorgang in der lebenden Pflanze ziehen wollte.

Die bisher vorliegenden Thatsachen aber stehen mit unsrer Auffassung in gutem Einklang. So ist Chlorwasser im Dunkeln haltbar, am Sonnenlicht wird Sauerstoff entwickelt, und das Chlor verbindet sich mit dem Wasserstoff zu Salzsäure. Organische Farbstoffe werden teilweise reduziert, und es lassen sich in vielen Fällen die Leukokörper unter dem Umwandlungsprodukte nachweisen. So bildet Chinon, in wässeriger Lösung dem Sonnenlicht ausgesetzt, stets Hydrochinon. Die Reaktion wird hier aber dadurch kompliziert, dass der abgeschiedene Sauerstoff, welcher stark aktiviert ist, seinen oxydierenden Einfluss auf einen Teil der Substanz ausübt und dadurch tiefer greifende Zersetzung eintritt. Wie Ciamician gezeigt hat, findet beim Belichten organischer Körper in alkoholischer Lösung eine Reduktion derselben statt, während gleichzeitig der Alkohol zu Aldehyd oxydiert wird.

Ich will hier nur noch an die photographische Reduktion des Ferrioxalats und an das Bleichen einer alkoholischen Eisenchloridlösung am Sonnenlicht erinnern!

Ich nehme es als selbstverständlich an, dass die Herren Botaniker zu meiner Hypothese die Köpfe bedenklich schütteln werden und bin darauf gefasst, dass man mir eine Anzahl von mehr oder weniger richtigen Beobachtungen zitiert, die ich bis dahin übersehen hatte, und welche mit der Theorie nicht in Einklang stehen! Ich bin jedoch der Ansicht, dass die Wissenschaft als solche durch derartige Übergriffe nur gefördert werden kann und es im Interesse der Chemie nur zu wünschen wäre, dass sie ihrerseits öfters damit behelligt würde. Die langen Namen und Formeln, welche in der organischen Chemie üblich sind, scheinen besonders geeignet, unberufene Eindringlinge fern zu halten. und doch wäre der Fachchemiker jedem dankbar, dem es gelänge, diese Formeln entbehrlich zu machen und eine kürzere und geschmackvollere Nomenklatur zu schaffen. Da sich die organische Chemie bis jetzt nur mit relativ sehr einfachen Verbindungen beschäftigt, während gerade die im Haushalte der Natur so wichtigen Eiweissstoffe wegen ihrer komplizierten Beschaffenheit eine terra incognita sind, so ist begründete Aussicht vorhanden, dass Formeln und Nomenklatur im Lauf der Zeit eher komplizierter, als einfacher werden müssen.

Die organischen Chemiker haben sich bemüht die natürlichen Farbstoffe zu untersuchen und dieselben, sowie neue, synthetisch darzustellen. Sie haben den Zusammenhang zwischen Färbung und chemischer Konstitution zu ermitteln gesucht und sind dabei so weit gekommen, dass man bei einer Synthese die Nüance des darzustellenden Farbstoffs mit ziemlicher Sicherheit voraussagen kann.

Auch im übrigen gehören gegenwärtig die organischen Farbstoffe zu den am besten studierten organischen Verbindungen, damit ist aber die Aufgabe der Chemiker beendigt. Die eigentliche Ursache der Färbung ist immer noch ein ungelöstes Rätsel und die Lösung desselben muss dem Physiker, beziehungsweise einer physikalischen Chemie der Zukunft, vorbehalten bleiben.

Zur Gammafunktion.

Von

H. Kinkelin.

Den Hauptgegenstand der vorliegenden Abhandlung bildet die Ableitung der Eigenschaften der Gammafunktion aus dem für alle reellen und komplexen Werte ihres Argumentes geltenden Gauss'schen Ausdruck dieser Funktion auf direktem Wege und ohne Zuziehung anderer Hilfsmittel.

Angeschlossen sind von der herkömmlichen Weise abweichende Bestimmungen zweier bekannten Integrale.

I. Die Grundgleichungen.

Als Definition der Gammafunktion gilt der Ausdruck

$$\Gamma x = \lim_{k = \infty} \frac{k^{x-1} \, k!}{x(x+1)(x+2)\cdots(x+k-1)} \qquad (1)$$

Wird k ein für allemal als unendlich wachsende Zahl gedacht, so kann für die Folge die Bezeichnung lim. in der Regel weggelassen werden.

Die erste Grundgleichung

$$\Gamma(x+1) = x \cdot \Gamma x \qquad (2)$$

ergibt sich sofort, wenn man beachtet, dass $k:(x+k)$ die Einheit zur Grenze hat.

Die zweite Grundgleichung

$$\Gamma x \cdot \Gamma(1-x) = \frac{\pi}{\operatorname{Sin} \pi x} \qquad (3)$$

beweist sich durch Auflösung von $\operatorname{Sin} \pi x$ in Faktoren. Man bestimme zunächst die Wurzeln der Gleichung

$$\operatorname{Sin} z = 0,$$

die mit

$$e^{zi} - e^{-zi} = 0$$

gleichbedeutend ist. Es sei $z = a + bi$, wobei a und b als reell gedacht sind, so geht dieselbe über in

$$e^{-b}(\operatorname{Cos} a + i \operatorname{Sin} a) - e^{b}(\operatorname{Cos} a - i \operatorname{Sin} a) = 0$$

und teilt sich in die zwei Gleichungen

$$\operatorname{Cos} a \left(e^{-b} - e^{b}\right) = 0,$$

$$\operatorname{Sin} a \left(e^{-b} + e^{b}\right) = 0.$$

Da der zweite Faktor in der zweiten Gleichung für reelle b nicht null sein kann, so muss

$$\operatorname{Sin} a = 0,$$

woraus die Werte $a = 0, \pm \pi, \pm 2\pi, \cdots \pm k\pi$ folgen. Für diese wird aber in der ersten Gleichung der erste Faktor Cos a nicht null, daher muss

$$e^{-b} - e^{b} = 0,$$

was nur für $b = 0$ stattfindet. Die Gleichung $\operatorname{Sin} z = 0$ liefert somit nur die Wurzeln $z = 0, \pm \pi, \pm 2\pi, \cdots \pm k\pi$, und die Gleichung

$$\operatorname{Sin} \pi x = 0$$

die Wurzeln $x = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots \pm k$, so dass $\operatorname{Sin} \pi x$ ausser den Faktoren $x, x \mp 1, x \mp 2. \cdots x \mp k$ keine andern von x abhängigen Faktoren besitzt. Demnach ist, unter A eine Konstante verstanden,

$$\operatorname{Sin} \pi x = A \cdot x (x+1)(x+2) \cdots (x+k) \\ (1-x)(2-x) \cdots (k-x)$$

oder
$$\frac{\operatorname{Sin} \pi x}{x} = A (x+1)(x+2) \cdots (x+k) \\ (1-x)(2-x) \cdots (k-x) .$$

Lässt man x gegen null konvergieren, so kommt

$$\pi = A \cdot k!\, k! ,$$

so dass nun

$$\frac{\operatorname{Sin} \pi x}{\pi} = x (x+1)(x+2) \cdots (x+k) \\ (1-x)(2-x) \cdots (k-x) : k!\, k!$$

Andrerseits gibt die Definition von Γx:

$$\Gamma x \cdot \Gamma (1-x) = \frac{k^{-1}\, k!\, k!}{x (x+1)(x+2) \cdots (x+k-1) \\ (1-x)(2-x) \cdots (k-x)}$$

oder, wenn man Zähler und Nenner mit x + k multipliziert und im Zähler für (x + k) : k die Einheit setzt:

$$\Gamma x \cdot \Gamma (1-x) = \frac{k!\, k!}{x (x+1)(x+2) \cdots (x+k) \\ (1-x)(2-x) \cdots (k-x)} ,$$

woraus sofort die Richtigkeit der zweiten Grundgleichung erhellt. Dass diese auch für komplexe Werte von x Geltung hat, geht aus ihrer Herleitung ohne weiteres hervor.

II. Das Multiplikationstheorem.

Setzt man in der Definitionsgleichung

$$\Gamma x = \frac{k^{x-1}\, k!}{x (x+1)(x+2) \cdots (x+k-1)}$$

der Reihe nach für x die Werte

$$x = \frac{nx}{n},\quad x+\frac{1}{n} = \frac{nx+1}{n},\ \cdots\ x+\frac{n-1}{n} = \frac{nx+n-1}{n}$$

und multipliziert die Ergebnisse mit einander, so kommt

$$\Gamma x \cdot \Gamma\left(x+\frac{1}{n}\right)\cdots\Gamma\left(x+\frac{n-1}{n}\right) = \frac{k^{nx-\frac{1}{2}n-\frac{1}{2}}\,(k!)^n\,n^{nk}}{nx\,(nx+1)\cdots(nx+nk-1)}$$

Andrerseits ist, wenn nk für k gesetzt wird, was gestattet ist,

$$\Gamma(nx) = \frac{k^{nx-1}\,.\,n^{nx-1}\,(nk)!}{nx\,(nx+1)\cdots(nx+nk-1)}\,.$$

Aus der Vergleichung beider Ausdrücke folgt

$$\frac{\Gamma x \cdot \Gamma\left(x+\frac{1}{n}\right)\cdots\Gamma\left(x+\frac{n-1}{n}\right)}{\Gamma(nx)\cdot n^{-nx}} = \frac{k^{\frac{1}{2}-\frac{1}{2}n}\,n^{nk+1}\,(k!)^n}{(nk)!}$$

Da die linke Seite dieser Gleichung k nicht enthält, so muss auch die rechte Seite eine von k unabhängige Funktion von n sein, die mit $\varphi(n)$ bezeichnet werde, so dass

$$\varphi(n) = \frac{k^{\frac{1}{2}-\frac{1}{2}n}\,n^{nk+1}\,(k!)^n}{(nk)!}\,;$$

dann ist

$$\Gamma x\,\Gamma\left(x+\frac{1}{n}\right)\cdots\Gamma\left(x+\frac{n-1}{n}\right) = \Gamma(nx)\,n^{-nx}\,\varphi(n),$$

und es bleibt die Aufgabe, den Wert von $\varphi(n)$ zu bestimmen.

Setzt man hier $-x$ für x, so kommt, unter Anwendung der aus der ersten Grundgleichung folgenden Beziehung

$$-z\cdot\Gamma(-z) = \Gamma(1-z),$$

auf $\Gamma(-x)$ und $\Gamma(-nx)$ und nach Umkehrung der Faktorenfolge vom zweiten Faktor an:

$$\Gamma(1-x)\,\Gamma(1-x-\frac{1}{n})\cdots\Gamma(1-x-\frac{n-1}{n})=\Gamma(1-nx)\,n^{nx-1}\,\varphi(n)\,.$$

Unter Anwendung der Beziehung

$$\Gamma z\cdot\Gamma(1-z)=\frac{\pi}{\operatorname{Sin}\pi z}$$

ergibt die Multiplikation der letzten Gleichung mit der vorhergehenden:

$$\operatorname{Sin}\pi x\cdot\operatorname{Sin}\pi(x+\frac{1}{n})\cdots\operatorname{Sin}\pi(x+\frac{n-1}{n})=\operatorname{Sin}n\pi x\cdot\pi^{n-1}\,n\varphi(n)^{-2}$$

woraus für ein gegen null konvergierendes x:

$$\operatorname{Sin}\frac{\pi}{n}\cdot\operatorname{Sin}\frac{2\pi}{n}\cdots\operatorname{Sin}\frac{(n-1)\pi}{n}=\pi^{n-1}\,n^2\,\varphi(n)^{-2}\,.$$

Der Wert dieses Produktes wird aber bekanntlich gefunden, indem man $x^{2n}-1$ in seine reellen Faktoren von der Form $x^2-2x\operatorname{Cos}\frac{r\pi}{n}+1$ zerlegt, sodann $x=1$ und $=-1$ setzt, die beiden Ergebnisse mit einander multipliziert und aus dem Produkt die Quadratwurzel zieht, welche positiv sein muss. Man erhält

$$\operatorname{Sin}\frac{\pi}{n}\cdot\operatorname{Sin}\frac{2\pi}{n}\cdots\operatorname{Sin}\frac{(n-1)\pi}{n}=n\cdot2^{1-n},$$

so dass nun aus der Vergleichung der beiden Werte des Produktes folgt:

$$\varphi(n)=n^{\frac{1}{2}}(2\pi)^{\frac{1}{2}n-\frac{1}{2}},$$

wodurch endlich als Multiplikationstheorem sich herausstellt:

$$\Gamma x\cdot\Gamma(x+\frac{1}{n})\cdots\Gamma(x+\frac{n-1}{n})=\Gamma(nx)\,n^{\frac{1}{2}-nx}\,(2\pi)^{\frac{1}{2}n-\frac{1}{2}} \tag{4}$$

Bemerkung. Die Einführung des gefundenen Wertes von $\varphi(n)$ in die Definitionsgleichung dieser Funktion gibt noch zu einer weitern Bestimmung Anlass. Es wird nämlich

$$(nk)! = k^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}n}\, n^{nk + \frac{1}{2}} (2\pi)^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}n} (k!)^n$$

für ein unendlich wachsendes k. Diese Eigenschaft der Funktion k! kann zur Aufstellung eines Grenzausdruckes für sie selbst benützt werden.

Es sei allgemein $f(m)$ eine Funktion, die der Eigenschaft

$$f(nm) = m^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}n}\, n^{nm + \frac{1}{2}} (2\pi)^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}n} f(m)^n$$

genügt, so wird $f(m)$ bei unendlich wachsendem $m = k$ mit k! übereinstimmen. Aus dieser Gleichung folgt nun für $m = 1$:

$$f(n) = n^{n + \frac{1}{2}} (2\pi)^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}n} f(1)^n,$$

daher ist auch

$$f(m) = m^{m + \frac{1}{2}} (2\pi)^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}m} f(1)^m$$

Da beim Übergang von m in k die Funktion $f(m)$ in k! übergeht, so hat auch k! diese Form, nämlich

$$k! = k^{k + \frac{1}{2}} (2\pi)^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}k} \cdot A^k,$$

wo nun noch die Konstante A zu bestimmen übrig bleibt. Man setze $k + 1$ für k:

$$(k+1)! = (k+1)^{k + 1 + \frac{1}{2}} (2\pi)^{-\frac{1}{2}k} A^{k+1}$$

und dividiere diese Gleichung durch die vorige, so wird

$$A = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{k}\right)^{k + \frac{1}{2}}} \cdot (2\pi)^{\frac{1}{2}}$$

und beim Übergang zur Grenze $k = \infty$:

$$A = \frac{1}{e} \cdot (2\pi)^{\frac{1}{2}},$$

wodurch endlich

$$k! = k^k e^{-k} \sqrt{2\pi k}, \qquad (5)$$

die bekannte Laplace'sche Grenzbestimmung sich ergibt.

III. Die periodische Reihe.

Innerhalb der Grenzen $x = 0$ und 1, diese selbst im allgemeinen ausgeschlossen, gilt für jede zwischen diesen Grenzen stetige Funktion $f(x)$ die Gleichung

$$f(x) = A_0 + \sum (2\,A_n \operatorname{Cos} 2n\pi x + 2\,B_n \operatorname{Sin} 2n\pi x),$$

wobei die Summe von $n = 1$ bis ∞ zu nehmen ist, und

$$A_0 = \int_0^1 f(x) \cdot dx,$$

$$A_n = \int_0^1 f(x) \operatorname{Cos} 2n\pi x \cdot dx, \qquad B_n = \int_0^1 f(x) \operatorname{Sin} 2n\pi x \cdot dx.$$

Die Funktion $\log \Gamma x$ genügt der Bedingung der Stetigkeit und kann daher in eine Reihe von der angegebenen Form entwickelt werden. Sie ist definiert durch den Ausdruck

$$\log \Gamma x = \log k! - \log k + x \log k - \sum_{r=0}^{k-1} \log (x + r).$$

Bei der Ausführung der Integrale setze man in den Summengliedern am Ende dieses Ausdruckes $x + r$ in y um, wodurch die Integrationsgrenzen 0 und 1 bezw. in r und $r + 1$ verwandelt werden und die Summe der

Integrale in ein einziges Integral zwischen den Grenzen o und k zusammengezogen werden kann. Man erhält so

$$A_0 = \int_0^1 \log \Gamma x \cdot dx = \log k! - \log k + \tfrac{1}{2} \log k - \left[y \log y - y \right]_0^k$$

$$= \log k! - \tfrac{1}{2} \log k - k \log k + k$$

Da aber vorhin in Gleichung (5)

$$\log k! = k \log k - k + \tfrac{1}{2} \log k + \tfrac{1}{2} \log 2\pi$$

gefunden wurde, so wird einfach

$$A_0 = \tfrac{1}{2} \log 2\pi \,. \qquad \text{(a)}$$

Ferner wird, unter Anwendung partialer Integration leicht erhalten:

$$A_n = \int_0^1 \log \Gamma x \cdot \mathrm{Cos}\, 2n\pi x \cdot dx = - \int_0^k \log y \cdot \mathrm{Cos}\, 2n\pi y \cdot dy$$

$$= \frac{1}{2n\pi} \int_0^k \frac{\mathrm{Sin}\, 2n\pi y}{y} dy = \frac{1}{2n\pi} \int_0^K \frac{\mathrm{Sin}\, v}{v} dv \,,$$

wo zur Abkürzung $2n\pi k = K$ gesetzt ist.

Um den Wert dieses Integrals zu finden, lasse man in dem geschlossenen Integral

$$\int \frac{1 - e^{-z}}{z} dz = 0$$

die komplexe Veränderliche z den Umfang des ersten Quadranten im Kreise vom Radius K um den Koordinatenanfang als Mittelpunkt durchlaufen, wodurch sich für ein unendlich wachsendes K durch Trennung des reellen vom imaginären Teile sofort die Bestimmungen ergeben:

$$\int_0^K \frac{\operatorname{Sin} v}{v}\,dv = \frac{\pi}{2},$$

und
$$\int_0^K \frac{1-\operatorname{Cos} v}{v}\,dv = \int_0^K \frac{1-e^{-v}}{v}\,dv,$$

deren erste für A_n den Wert liefert:

$$A_n = \frac{1}{4n} \qquad \text{(b)}$$

Endlich erhält man auf gleiche Weise

$$B_n = \int_0^1 \log \Gamma x \cdot \operatorname{Sin} 2n\pi x \cdot dx$$

$$= -\frac{\log k}{2n\pi} + \frac{1}{2n\pi}\int_0^k \frac{1-\operatorname{Cos} 2n\pi y}{y}\,dy$$

$$= -\frac{\log k}{2n\pi} + \frac{1}{2n\pi}\int_0^K \frac{1-\operatorname{Cos} v}{v}\,dv$$

oder zufolge der zweiten der obigen Integralbestimmungen

$$B_n = -\frac{\log k}{2n\pi} + \frac{1}{2n\pi}\int_0^K \frac{1-e^{-v}}{v}\,dv.$$

Der Wert dieses Integrals berechnet sich wie folgt. Zunächst kann die obere Grenze $K = 2n\pi k$ durch die zunächst grössere ganze Zahl $\varkappa = K + \vartheta$ ersetzt werden, indem der hinzugefügte Teil zwischen den Grenzen

K und $\varkappa$ bei wachsendem k die Null zur Grenze hat. Sodann kann für e^{-v} der Grenzausdruck

$$e^{-v} = \lim. \left(1 - \frac{v}{m}\right)^m$$

gesetzt werden, wobei für m eine beliebige unendlich wachsende Zahl genommen werden darf. Nimmt man der Einfachheit wegen $m = \varkappa$ an, so geht das Integral über in

$$\int_0^{\varkappa} \frac{1-(1-v)^{\varkappa}}{v} dv = \int_0^1 \frac{1-u^{\varkappa}}{1-u} du$$

und wird nach Auflösung des Bruches gleich

$$1 + \tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{3} + \cdots \frac{1}{\varkappa},$$

dessen Wert durch Differenziation von $\log \Gamma x$ und die Annahme $x = 1$ gleich

$$\log \varkappa + C$$

erhalten wird, wo $C = -\Gamma' 1 : \Gamma 1$ die Mascheronische Konstante $0{,}577 \cdots$ bedeutet. Es ist aber

$$\log \varkappa = \log (K + \vartheta) = \log K + \log \left(1 + \frac{\vartheta}{K}\right)$$

und geht bei unendlich wachsendem k in $\log 2n\pi k$ über, so dass nun

$$\int_0^K \frac{1-e-v}{v} dv = \log K + C = \log 2n\pi k + C$$

wird, wodurch sich für B_n der Wert ergibt:

$$B_n = \frac{1}{2n\pi} \log 2n\pi + \frac{C}{2n\pi}. \qquad (c)$$

Die in den Gleichungen (a), (b), (c) gefundenen Werte von A_o, A_n, B_n geben schliesslich die Bestimmung

$$\log \Gamma x = \tfrac{1}{2} \log 2\pi + \tfrac{1}{2} \sum \frac{\operatorname{Cos} 2n\pi x}{n} + \frac{C + \log 2\pi}{\pi} \sum \frac{\operatorname{Sin} 2n\pi x}{n}$$

$$+ \frac{1}{\pi} \sum \frac{\log n}{n} \operatorname{Sin} 2n\pi x \quad (o < x < 1)\,, \qquad (6)$$

die Summen von $n = 1$ bis ∞ genommen.

Aus dieser Gleichung lässt sich das Multiplikationstheorem ebenfalls leicht ableiten, wie schon Kummer bemerkt hat (Crelle J., Bd. 35).

IV. Die Potenzreihen.

Setzt man zur Abkürzung

$$\log \Gamma (1 + x) = v,$$

so folgt aus der Definitionsgleichung

$$\Gamma (1 + x) = \frac{k^x \cdot k!}{(x + 1)(x + 2) \cdots (x + k)}:$$

$$v = x \log k + k! - \log (x + 1) - \log (x + 2) - \cdots \log (x + k)$$

und die Ableitungen

$$v' = \log k - \frac{1}{x + 1} - \frac{1}{x + 2} - \cdots \frac{1}{x + k}$$

$$v'' = \frac{1}{(x + 1)^2} + \frac{1}{(x + 2)^2} + \frac{1}{(x + 3)^2} + \cdots$$

$$v''' = -2! \left(\frac{1}{(x + 1)^3} + \frac{1}{(x + 2)^3} + \frac{1}{(x + 3)^3} + \cdots \right)$$

. . . .

$$v^{(n)} = (-1)^n n! \left(\frac{1}{(x + 1)^n} + \frac{1}{(x + 2)^n} + \frac{1}{(x + 3)^n} + \cdots \right)$$

Man erkennt, dass zwischen den Grenzen o und 1 für $|x|$ weder v noch dessen Ableitungen unstetig sind, so dass v sich zwischen diesen Grenzen nach dem Maclaurinschen Satz in eine nach Potenzen von x fortschreitende konvergente Reihe entwickeln lässt. Für $x = 0$ wird

$$v_0 = 0,\ v'_0 = -C,\ v''_0 = s_2,\ v'''_0 = -2!\, s_3, \cdots$$

$$v_0^{(n)} = (-1)^n (n-1)!\, s_n,$$

worin allgemein

$$s_n = 1 + \frac{1}{2^n} + \frac{1}{3^n} + \frac{1}{4^n} + \cdots,$$

so dass nun

$$\log \Gamma(1+x) = -Cx + \tfrac{1}{2} s_2 x^2 - \tfrac{1}{3} s_3 x^3 + \cdots \frac{1}{n}(-1)^n s_n x^n + \cdots \quad (7)$$

Mit dieser Formel, zweckmässig umgeformt, hat Legendre seine Tafel der Logarithmen der Gammafunktion berechnet.

Eine andere zur Berechnung von $\log \Gamma x$ bequeme Formel erhält man durch Verwendung der allgemeinen Gleichung

$$fx + f(x+1) + \cdots f(x+k) = \int_x^{x+k} fz \cdot dz + \tfrac{1}{2}\big(fx + f(x+k)\big)$$

$$- \frac{B_2}{2!}\big(f'x - f'(x+k)\big) + \frac{B_4}{4!}\big(f'''x - f'''(x+k)\big) - \cdots$$

wo die B_2, B_4, $\cdots$ die Bernoullischen Zahlen bedeuten. Für $fz = \log z$ ergibt sich hieraus bei unendlich wachsendem k:

$$\log x(x+1)(x+2)\cdots(x+k) = (x+k)\log(x+k) - k - x\log x + \tfrac{1}{2}\log x$$

$$+ \tfrac{1}{2}\log(x+k) - \frac{B_2}{1\cdot 2}\frac{1}{x} + \frac{B_4}{3\cdot 4}\frac{1}{x^3} - \frac{B_6}{5\cdot 6}\frac{1}{x^5} + \cdots$$

Demnach geht die Gleichung

$$\log \Gamma x = (x-1)\log k + \log k! - \log x(x+1)\cdots(x+k) + \log(x+k)$$

unter Berücksichtigung der Bestimmungen

$$\log k! = k \log k - k - \tfrac{1}{2} \log k + \tfrac{1}{2} \log 2\pi\,,$$

$$\lim.\ \log (x + k) = \log k$$

$$\lim.\ k \log (x + k) = k \log k + k \log \left(1 + \frac{x}{k}\right) = k \log k + x$$

über in

$$\log \Gamma x = \tfrac{1}{2} \log 2\pi - x + (x - \tfrac{1}{2}) \log x$$
$$+ \frac{B_2}{1 \cdot 2} \frac{1}{x} - \frac{B_4}{3 \cdot 4} \frac{1}{x^3} + \frac{B_6}{5 \cdot 6} \frac{1}{x^5} \cdots \qquad (8)$$

wo beim Abbrechen der Reihe der Rest jeweilen kleiner ist als das zuletzt berechnete Glied.

Die Gammafunktion selbst und ihr reziproker Wert lassen sich ebenfalls in Potenzreihen auflösen. Denn ebenso wie $\log \Gamma (1 + x) = v$ und seine Ableitungen, so sind auch $\Gamma (1 + x) = u$ und seine Ableitungen zwischen den Grenzen o und 1 für $|x|$ stetig.

Aus $\qquad v' = \dfrac{u'}{u}$

folgt $\qquad u' = uv'\,,$

$$u'' = uv'' + u' v'$$

$$u''' = uv''' + 2u' v'' + u'' v'$$

. . . . . .

$$u^{(n)} = uv^{(n)} + \binom{n-1}{1} u' v^{(n-1)} + \binom{n-1}{2} u'' v^{(n-2)} + \cdots$$
$$\cdots + \binom{n-1}{n-1} u^{(n-1)} v'$$

und hieraus für $x = o$, da $u_0 = 1$:

$$u'_0 = \Gamma' (1) = - C\,,$$

$$u''_0 = s_2 - u'_0 C$$

$$u'''_0 = s\ \ 2!\, s_3 - 2u'_0 s_2 - u''_0 C$$

. . . . . .

$$u_0^{(n)} = (-1)^n (n-1)!\, s_n + (-1)^{n-1}\binom{n-1}{1}(n-2)!\, u_0' s_{n-1}$$

$$+ (-1)^{n-2}\binom{n-1}{2}(n-3)!\, u_0'' s_{n-2} + \cdots - \binom{n-1}{n-1} u_0^{(n-1)} C,$$

daher die Koeffizienten der Potenzen von x in der Reihenentwicklung:

$$u_0 = 1, \qquad u_0' = -C,$$

$$\frac{1}{2!} u_0'' = \tfrac{1}{2} (s_2 - u_0' C)$$

$$\frac{1}{3!} u_0''' = -\tfrac{1}{3} (s_3 - u_0' s_2 + \frac{1}{2!} u_0'' C$$

$$\cdots\cdots$$

$$\frac{1}{n!} u_0^{(n)} = (-1)^n \frac{1}{n}\left(s_n - u_0' s_{n-1} + \frac{1}{2!} u_0'' s_{n-1} - \cdots \pm \frac{1}{(n-1)!} u_0^{n-1} C\right).$$

Schreibt man der Analogie wegen s_1 für C und setzt

$$\Gamma(1+x) = 1 - a_1 x + a_2 x^2 - a_3 x^3 + \cdots (-1)^n a_n x^n + \cdots$$

so gibt dies die Rekursionsgleichungen:

$$a_1 = s_1$$

$$a_2 = \tfrac{1}{2}(s_2 + a_1 s_1)$$

$$a_3 = \tfrac{1}{3}(s_3 + a_1 s_2 + a_2 s_1)$$

$$\cdots\cdots$$

$$a_n = \frac{1}{n}\left(s_n + a_1 s_{n-1} + a_2 s_{n-2} + \cdots a_{n-1} s_1\right)$$

Eine für die Ausrechnung geeignetere Formel erhält man durch Subtraktion der vorigen von

$$\frac{1}{1+x} = 1 - x + x^2 - x^3 + \cdots (-1)^n x^n + \cdots$$

Setzt man abkürzend $b_n = 1 - a_n$, so kommt

$$\Gamma(1+x) = \frac{1}{1+x} + b_1 x - b_2 x^2 + b_3 x^3 - \cdots (-1)^{n-1} b_n x^n + \cdots \quad (9)$$

wo die Koeffizienten folgende Zahlenwerte haben:

$b_1 = 0{,}4227\,8434$
$b_2 = 0{,}0109\,4400$
$b_3 = 0{,}0925\,2093$
$b_4 = 0{,}0182\,7192$
$b_5 = 0{,}0180\,0494$
$b_6 = 0{,}0068\,5089$
$b_7 = 0{,}0039\,9824$
$b_8 = 0{,}0018\,9431$
$b_9 = 0{,}0009\,7474$
$b_{10} = 0{,}0004\,8435$
$b_{11} = 0{,}0002\,4341$
$b_{12} = 0{,}0001\,2173$
$b_{13} = 0{,}0000\,6094$
$b_{14} = 0{,}0000\,3048.$

Von hier an ist jeder folgende Koeffizient die Hälfte des vorhergehenden.

Setzt man endlich

$$w = \frac{1}{\Gamma(1+x)},$$

so folgt

$$\log w = -\log \Gamma(1+x) = -v,$$

woraus durch Differentiation

$$\begin{aligned} w' &= -w v' \\ w'' &= -w v'' - w' v' \\ w''' &= -w v''' - 2 w' v'' - w'' v' \\ &\;.\;\;.\;\;.\;\;.\;\;.\;\;. \end{aligned}$$

In den vorhin aufgestellten Gleichungen für die Ableitungen von u hat man somit nur den Buchstaben u durch w zu ersetzen und auf der rechten Seite das Vorzeichen zu ändern. Man erhält so die Reihe

$$\frac{1}{\Gamma(1+x)} = 1 + c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3 + \cdots c_n x^n + \cdots \qquad (10)$$

und für die Koeffizienten c die Rekursionen:

$$\begin{aligned} c_1 &= s_1 \\ c_2 &= -\tfrac{1}{2}(s_2 - c_1 s_1) \\ c_3 &= \tfrac{1}{3}(s_3 - c_1 s_2 + c_2 s_1) \\ &\;.\;\;.\;\;.\;\;.\;\;.\;\;. \end{aligned}$$

$$c_n = (-1)^{n-1} \frac{1}{n} \left(s_n - c_1 s_{n-1} + c_2 s_{n-2} - \cdots (-1)^{n-1} c_{n-1} s_1 \right),$$

welche folgende Zahlenwerte ergeben:

$c_1 = 0{,}5772\,1566$
$c_2 = -0{,}6558\,7807$
$c_3 = -0{,}0420\,0263$
$c_4 = 0{,}1665\,3861$
$c_5 = -0{,}0421\,9773$
$c_6 = -0{,}0096\,2197$
$c_7 = 0{,}0072\,1894$
$c_8 = -0{,}0011\,6517$
$c_9 = -0{,}0002\,1524$
$c_{10} = 0{,}0001\,2805$
$c_{11} = -0{,}0000\,2014$
$c_{12} = -0{,}0000\,0125$
$c_{13} = 0{,}0000\,0113$
$c_{14} = -0{,}0000\,0021$
$c_{15} = 0{,}0000\,0001$

Mit x multipliziert, gibt die Reihe den Wert von $\frac{1}{\Gamma x}$.

Für Werte von x, deren Modul $< \frac{1}{2}$, nehmen die Glieder der beiden Reihen (9) und (10) rasch ab, so dass sich die Berechnung der Gammafunktion sowie die ihres reziproken Wertes auf das einfachste gestaltet. Man kann aber jede Gammafunktion auf solche zurückführen, in denen x diese Bedingung erfüllt. Ist x reell, so genügt hiezu die Verwendung der Grundgleichungen (1) und (2). Ist x komplex $= \alpha + \beta i$, so verwende man zunächst für die Reduktion des imaginären Teils das Multiplikationstheorem (3), indem man für n eine ganze Zahl $> 2\,|\beta|$ wählt, und reduziere sodann in den als Faktoren auftretenden Funktionen noch den reellen Teil des Argumentes mittelst der Grundgleichungen (1) und (2).

V. Das Integral $\int_0^\infty \frac{v^{x-1}\,dv}{1+v}$.

Für reelle positive Werte von $x < 1$ beweist man gewöhnlich die Grundgleichung (3) vermittelst des Eulerschen Integrals der ersten Art

$$\int_0^k \frac{v^{x-1}\,dv}{1+v} = \Gamma x \cdot \Gamma(1-x),$$

dessen Wert aus dem Integral

$$J = \int_0^k \frac{z^{2m-1}}{1+z^{2n}}\,dz \quad (m < n)$$

abgeleitet wird. Dieses kann ohne Integrationsverrichtung gefunden werden. Für ein geschlossenes Integral mit komplexer Veränderlichen gilt die Bestimmung

$$\int \frac{fz}{\varphi z}\,dz = 2\pi i \cdot \lim. \frac{f\alpha}{\varphi'\alpha},$$

falls für nur einen Wert α von z innerhalb des von z umlaufenen Gebietes $\varphi z = 0$ wird. Daher ist

$$\int \frac{z^{2m-1}\,dz}{1+z^{2n}} = 2\pi i \cdot \frac{\alpha^{2m-2n}}{2n}.$$

Lässt man z den Umfang eines Kreissektors durchlaufen vom Radius k und dem Zentriwinkel $\frac{\pi}{n}$ im Koordinatenanfang, von welchem der eine Schenkel in die Abszissenaxe fällt, so liegt innerhalb des Sektors der Punkt

$$z = e^{\frac{\pi i}{2n}} = \alpha,$$

in dem $1 + z^{2n} = 0$ ist. Der Wert des Integrals ist daher gleich

$$\frac{\pi i}{n} e^{\frac{\pi i}{2n}(2m-2n)} = \frac{\pi i}{n} e^{\frac{m\pi i}{n} - \pi i} = -\frac{\pi i}{n} e^{\frac{m\pi i}{n}}.$$

Das Integral selbst teilt sich in drei Teile, in denen beziehungsweise

$$z = v, \qquad dz = dv, \qquad v \text{ von o bis } k,$$
$$z = ke^{i\varphi}, \qquad dz = kie^{i\varphi}d\varphi, \ \varphi \text{ von o bis } \frac{\pi}{n},$$
$$z = ve^{\frac{i\pi}{n}}, \quad dz = e^{\frac{i\pi}{n}}dv, \qquad v \text{ von k bis o}.$$

Der erste Teil wird = J, der zweite = o für $m < n$, der dritte $= Je^{\frac{2m\pi i}{n}}$, so dass nun

$$J - Je^{\frac{2m\pi i}{n}} = -\frac{\pi i}{n}e^{\frac{m\pi i}{n}},$$

woraus

$$J = \frac{\pi i}{n} \cdot \frac{e^{\frac{m\pi i}{n}}}{e^{\frac{2m\pi i}{n}} - 1} = \frac{\pi i}{n} \cdot \frac{1}{e^{\frac{m\pi i}{n}} - e^{-\frac{m\pi i}{n}}}$$

oder endlich

$$\int_0^k \frac{z^{2m-1}dz}{1+z^{2n}} = \frac{\pi}{2n \operatorname{Sin}\frac{m\pi}{n}}.$$

Die Substitution von $z^{2n} = v$ gibt bei Ersetzung von k^{2n} durch k,

$$\int_0^k \frac{v^{\frac{m}{n}-1}dv}{1+v} = \frac{\pi}{\operatorname{Sin}\frac{m\pi}{n}}$$

oder, wenn $\frac{m}{n} = x$ gesetzt wird,

$$\int_0^k \frac{v^{x-1}dv}{1+v} = \frac{\pi}{\operatorname{Sin}\pi x}.$$

VI. Das Integral $\int_0^\infty e^{-v^2} dv$.

Durch Umsetzung von v^2 in u geht dieses Integral über in

$$\frac{1}{2}\int_0^\infty e^{-u} u^{-\frac{1}{2}} du$$

und wird als besonderer Fall von

$$\frac{1}{2}\int_0^\infty e^{-u} u^{x-1} du = \frac{1}{2} \Gamma x$$

für $x = \frac{1}{2}$ erkannt, so dass sein Wert $= \frac{1}{2}\sqrt{\pi}$, wie sich sowohl aus der zweiten Grundgleichung (3) für $x = \frac{1}{2}$, als aus dem Multiplikationstheorem (4) für $x = 1$ und $n = 2$ ergibt.

Der Wert des Integrals kann direkt gefunden werden, wie folgt. Durch partielle Integration kommt

$$\int_0^1 (1-u^2)^m du = \frac{2m}{2m+1} \int_0^1 (1-u^2)^{m-1} du.$$

Nimmt man einmal $m = k$, das andere Mal $m = k - \frac{1}{2}$ an, so erhält man bei wiederholter Anwendung dieser Formel

$$\int_0^1 (1-u^2)^k du = \frac{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdots (2k)}{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdots (2k+1)},$$

$$\int_0^1 (1-u^2)^{k-\frac{1}{2}} du = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots (2k-1)}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdots (2k)} \cdot \frac{\pi}{2}$$

Die Umsetzung $u^2 = \frac{v^2}{k}$ ergibt

$$\int_0^{\sqrt{k}} \left(1-\frac{v^2}{k}\right)^k dv = \frac{2\cdot 4\cdot 6\cdots(2k)}{3\cdot 5\cdot 7\cdots(2k+1)}\cdot\sqrt{k},$$

$$\int_0^{\sqrt{k}} \left(1-\frac{v^2}{k}\right)^{k-\frac{1}{2}} dv = \frac{1\cdot 3\cdot 5\cdots(2k-1)}{2\cdot 4\cdot 6\cdots(2k)}\cdot\frac{\pi}{2}\sqrt{k},$$

woraus das Produkt

$$\int_0^{\sqrt{k}} \left(1-\frac{v^2}{k}\right)^k dv \cdot \int_0^{\sqrt{k}} \left(1-\frac{v^2}{k}\right)^{k-\frac{1}{2}} dv = \frac{k}{2k+1}\cdot\frac{\pi}{2}$$

Mit unendlich wachsendem k nähern sich die Potenzen in beiden Integralen dem gemeinsamen Grenzwert e^{-v^2}, so dass schliesslich nach Ausziehung der Quadratwurzel folgt:

$$\int_0^{\infty} e^{-v^2} dv = \frac{\sqrt{\pi}}{2}.$$

Der Quotient der beiden Integrale aber gibt

$$\frac{\pi}{2} = \frac{2\cdot 2\cdot 4\cdot 4\cdot 6\cdot 6\cdots(2k)\cdot(2k)}{1\cdot 3\cdot 3\cdot 5\cdot 5\cdot 7\cdots(2k-1)\,(2k+1)}.$$

Basel, 24. November 1902.

Einige Grundversuche über elektrische Schwingungen.

Von **H. Veillon.**

Nach den von den meisten heutigen Physikern geteilten Anschauungen hat man die elektrischen Erscheinungen als Veränderungen aufzufassen, welche sich im Dielektrikum abspielen. Die genialen Konzeptionen Faraday's und Maxwell's im Verein mit den berühmten Versuchen von Hertz haben diese, der klassischen Elektricitätslehre so fremdartige, Vorstellungswelt mit einem Schlage eröffnet. Geleitet durch den Gedanken an die wunderbare Präzision der mathematischen Optik, welche in den Werken Fresnel's und seiner Nachfolger eine erstaunliche Höhe erreichte, erkannte man bald in der neuen Elektricitätstheorie den Keim einer sich eng an die Lehre des Lichtes anschliessenden Behandlung der elektrischen Phänomene. Mit Eifer wurde überall, theoretisch sowohl als auch experimentell, in diesem Sinne gearbeitet, und manche hervorragende Entdeckung oder Erfindung würde ohne diesen Anstoss der Menschheit noch vorbehalten geblieben sein. Mit immer steigender Zuversicht suchte man nach Analogien, ja selbst nach einer Identität, zwischen den elektrischen und optischen Erscheinungen, und viele mögen die Partie heute schon als gewonnen betrachten.

Wie dem nun auch sei, so ist gewiss, dass alle Bestrebungen, die Optik und die Elektricitätslehre von einem gemeinsamen, der erstern dieser Wissenschaften entlehnten Standpunkte aus zu behandeln, so neu sind, dass es nicht als Anmassung hochverdienten Forschern gegenüber erscheinen kann, wenn bereits bekannte Experimente immer wieder aufs neue angestellt werden, unbekümmert jeder vorgefassten Meinung und jedes früher gewonnenen Resultates.

In diesem Sinne möchten wir die wenigen folgenden Experimente aufgefasst wissen, welche, obwohl von andern bereits angestellt, doch noch nicht als ganz geklärt zu betrachten sind und welche wegen ihrer prinzipiellen Bedeutung für die Theorie immer noch der Aufmerksamkeit wert sind.

I.

Transversalität der elektrischen Schwingungen.

Bei den experimentellen Untersuchungen über die genannten Analogien war eine der wichtigsten Fragen diejenige nach der Natur der Schwingungen. In der Theorie gelangt man auf Grund der Maxwell'schen Gleichungssysteme, indem man den Erreger elektrischer Wellen weit weg annimmt und die Wirkung auf einem sehr kleinen Teil der Wellenfläche betrachtet, zu den sogenannten Strahlgleichungen. Aus diesen folgert man dann wieder, dass die in der Strahlrichtung selbst liegenden Komponenten verschwinden, und dass nur die senkrecht zu ihr gerichteten Komponenten für die Schwingung in Betracht kommen. Mit andern Worten, es wird für die elektromagnetische Strahlung die Transversalität der Schwingungen gefolgert, wie für das Licht. Dieses höchst wichtige Ergebnis der Theorie prüfte und bestätigte Hertz mit Hilfe seines kreisförmigen Resonators. Seit diesen denkwürdigen Arbeiten sind nun eine ganze Anzahl anderer wertvoller Hilfsmittel zur experimentellen Erforschung des elektromagnetischen Feldes dem Resonator an die Seite getreten. Das Instrumentarium des Physikers ist dadurch erheblich bereichert worden, und in einer für den ersten internationalen Physikerkongress zu Paris von Righi verfassten sehr interessanten Abhandlung werden nicht weniger als einundzwanzig verschiedene diesbezügliche Methoden aufgezählt[1]). Viele derselben sind bloss auf die Demonstration oder Konstatation elektrischer Schwingungen abgerichtet, während andere möglichst genaue Bestimmung der quantitativen Verhältnisse in den einzelnen Punkten des Feldes erstreben. Von vornherein verdienen diejenigen Instrumente, welche dieser zweiten Forderung genügen, unbedingt den ersten Platz, allein sie leiden nur zu oft an dem Nachteil einer schwierigen und umständlichen Manipulation, die schwer von störenden Einflüssen zu befreien ist. Man wird daher trachten, wenn es sich um Messungen handelt, eine solche Methode zu wählen, welche auch in ihrer Handhabung nicht allzuviel Schwierigkeiten verursacht, und wird suchen, dieselbe in möglichst einfacher Weise den Anforderungen an eine brauchbare Messmethode anzupassen. Dasjenige Instrument, welches sich hiezu wohl eignet, ist der Kohärer. In erster Linie ist derselbe allerdings bloss zum qualitativen Nachweis von Schwingungen geeignet, und bei den meisten Arbeiten, in welchen er als Reagens benützt wurde, hat er nur diese Bedeutung. Seine bekannte grosse Launenhaftigkeit scheint ihn als Organ einer Messvorrichtung auszuschliessen. Allein, wenn man sich lange mit der Handhabung dieses Instrumentes abgibt, so findet man, dass bei Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln die Inkonstanz im Reagieren zwar nicht aufgehoben, aber doch auf ein verhältnismässig kleines Mass reduziert werden kann. So wird dann der Kohärer ein für Messungen brauchbares Mittel, das für erste Annäherungen recht gute Dienste leisten kann. Die folgenden Versuche, welche eine Prüfung der Transversalität der elektrischen Schwingungen bezwecken, sind mit diesem Hilfsmittel angestellt worden.

---

[1]) *A. Righi*, Les ondes hertziennes. Congrès international de physique, rapports t. II p. 301.

Als gut geeignet erwies sich ein Kohärer, bestehend aus einem 7 cm langen, etwa 1 cm weiten Glasrohr, durch Korke verschlossen und mit einem Gemisch von nicht zu feinen Kupferdrehspähnen gefüllt, denen ein wenig Nickelfeilicht beigemengt war. Durch die Korke ragten ins Innere zwei gerade Kupferdrähte von 3 mm Dicke, so weit eingesteckt, dass die einander zugekehrten Enden 1 bis 2 cm von einander abstanden. Die äussern Enden waren so ca. 40 cm von einander entfernt. Über dem ganzen Glasrohr war als metallische Hülle ein 7 cm langes dickwandiges Messingrohr geschoben, welches das Glasrohr dicht umschloss. Die beiden Elektroden des Kohärers trugen je ein Quecksilbernäpfchen, um die Einschaltung des Kohärers in einen geeigneten Stromkreis ohne Erschütterung nach stattgehabter Einwirkung bewerkstelligen zu können. Dieser Stromkreis war der Nebenschluss eines auf einem Widerstand von 100 Ohm geschlossenen Trockenelementes, und enthielt ausser dem Kohärer noch eine Galvanometerrolle. Die durch diese Schaltung den Kohärerelektroden applizierte elektromotorische Kraft betrug 0,1 Volt. Die Entfernung der Galvanometerrolle von der beweglichen Nadel war so herausprobiert, dass, wenn der Kohärerwiderstand auf Null sinken würde, genau der letzte Teilstrich der Skala im Fernrohr erscheinen sollte. Durch Vorversuche mit einem Rheostaten war eine Skala hergestellt worden, welche die jeweiligen Kohärerwiderstände direkt abzulesen gestattete.

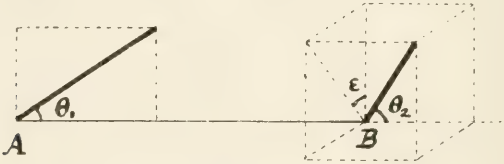
Um nun den Kohärer für die Messungen geeignet zu machen, musste, wie viele vorhergegangene Versuche es hatten erkennen lassen, sein normaler Widerstand so sein, dass er bei der stärksten Einwirkung des Oscillators, die benützt wurde, nicht tiefer als etwa 40 Ohm sank, aber auch nicht höher blieb als ca. 70 Ohm. Durch Regulierung der Distanz der einander zugekehrten Elektrodenenden im Kohärer, sowie der Masse der eingefüllten Metallspäne war dies leicht zu erreichen. Nach so regulierter Empfindlichkeit zeigten die einzelnen Versuche, bei anscheinend gleichen Versuchsbedingungen, immer noch unter sich Abweichungen, die nicht mehr zu vermeiden waren, aber dieselben waren doch so bedeutend reduziert, dass bei sehr zahlreich wiederholten Beobachtungen vollkommen brauchbare und sichere Mittelwerte zu bekommen waren.

Als Oscillator dienten zwei Messingstangen von je 40 cm Länge und 1 cm Durchmesser, in gerader Linie angeordnet. Die einander zugekehrten Enden trugen Kugeln von Messing, 2 cm Durchmesser, die mit Kappen aus Platin versehen waren. Dicht hinter den Kugeln waren Drähte angesetzt, welche zu einem Induktorium führten. Als solches wurde ein gewöhnliches Carpentier'sches (grosses Modell) oder ein Klingelfuss'sches mit geschlossenem Eisenkern verwendet. An dieser Stelle möchten wir nicht versäumen, Herrn Ingenieur Klingelfuss für die freundliche Überlassung eines seiner durch so grossen Nutzeffekt ausgezeichneten Instrumente unsern besten Dank auszusprechen.

Oscillator und Kohärer waren in einer Höhe von 1,5 m über dem Fussboden und in 4 m Entfernung von einander aufgestellt. Die Einwirkung wird nun stark abhängen von der Zahl der benützten Funken, resp. von der Dauer des Funkenspieles. Deshalb wurden verschiedene Versuchsreihen vorgenommen. Zuerst wurden nur drei Funken hintereinander erzeugt, indem der primäre Stromkreis des Induktoriums durch eine geeignete

Vorrichtung dreimal hintereinander gleichmässig geschlossen und geöffnet wurde. Die durch diese drei Funken erzeugte Wirkung wurde dann beobachtet. Hernach wurde eine zweite Versuchsreihe unternommen, bei welcher aber das Induktorium mit einem Desprez versehen war und jeweilen dreimal hintereinander ein Funkenspiel von zirka einer halben Sekunde ausgelöst wurde. Beide Arten zu „geben“ führten zu qualitativ verschiedenen Resultaten, aber der Charakter der Erscheinung blieb durchaus derselbe.

Die Aufgabe bestand nun darin, die Grösse der Einwirkung zu messen bei allen möglichen relativen Stellungen, welche Oscillator und Kohärer gegen einander einnehmen können.



Figur 1.

In Figur 1 sei A die Mitte des Oscillators, B diejenige des Kohärers. Die Richtung des erstern bilde mit der Grundlinie den Winkel Θ_1, diejenige des letztern den Winkel Θ_2. Ferner sei ε der Neigungswinkel der beiden Ebenen, welche die Grundlinie AB einerseits mit der Oscillatoraxe, andererseits mit der Kohäreraxe bestimmt. Alle möglichen gegenseitigen Lagen werden erschöpft, wenn man ε, Θ_1, Θ_2 von 0 bis π variieren lässt. Wir haben uns beschränkt, diesen Winkeln die Werte zu erteilen:

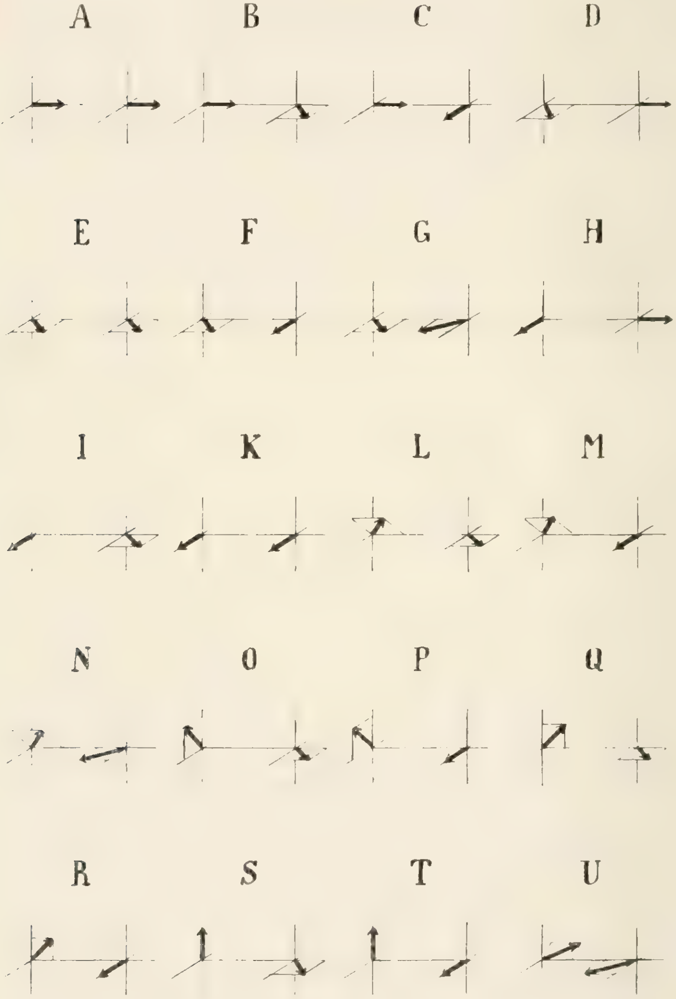
$$0^\circ \quad 45^\circ \quad 90^\circ \quad 135^\circ$$

indem wir jeweilen um eine Viertelsdrehung fortgeschritten sind. Der letzte Wert 180° war überflüssig, da er wieder mit 0° zusammenfällt. Kombiniert man alle diese vier Werte für die drei Winkel mit einander, so erhält man 64 mögliche Zusammenstellungen. Da es für uns nur auf gegenseitige Richtungen ankommt, die nicht mit einem bestimmten Bewegungssinn behaftet sind, so reduzieren sich diese hier auf 20 wirklich geometrisch verschiedene. Diese werden am besten dadurch ermittelt, dass man sich die Figur 1 mit Hilfe eines aus Stricknadeln und Korkstopfen hergestellten Modells räumlich versinnlicht. Man eliminiert dadurch die unnötigen Stellungen sehr leicht und die übrig bleibenden sind die in folgender Tabelle zusammengestellten und mit Buchstaben bezeichneten:

ε	Θ_1	Θ_2	
0	0	0	A
		45	B
		90	C
	45	0	D
		45	E
		90	F
		135	G
	90	0	H
		45	I
		90	K

ε	Θ_1	Θ_2	
45	45	45	L
		90	M
		135	N
	90	45	O
		90	P
90	45	45	Q
		90	R
	90	45	S
		90	T
135	45	135	U

Eine bessere Übersicht über diese zu untersuchenden Stellungen erhalten wir durch die Zeichnungen in Figur 2, in welchen immer links der Oscillator und rechts der Kohärer zu denken ist. Wie man sieht, kann der Versuch immer so disponiert werden, dass der Kohärer horizontal liegt, was für eine möglichste Konstanz in den einzelnen Beobachtungen ein Haupterfordernis ist. Vertikal gestellte Kohärer sind nämlich von so grosser Unzuverlässigkeit, dass von ihnen abgesehen werden muss.


A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U

Figur 2.

Die ganze Versuchsreihe wurde öfters wiederholt, indem bei jeder einzelnen Stellung dreissig Beobachtungen gemacht wurden. Dem Charakter nach waren alle Resultate gleich, und es möge hier eines unter ihnen angegeben werden, wobei die Zahlen Ohm bedeuten:

A	B	C	D	E
∼	∼	∼	∼	190
F	G	H	I	K
71	139	∼	87	34
L	M	N	O	P
310	144	430	165	57
Q	R	S	T	U
∞	∞	∞	∞	250

Das Maximum der Wirkung findet also bei der Stellung K statt, d. h. wenn Kohäreraxe und Oscillatoraxe zu einander parallel und senkrecht zur Grundlinie stehen. In neun Stellungen blieb die Wirkung völlig aus. Wenn Oscillator und Kohärer die Lagen haben wie in K, so wollen wir sagen, sie befinden sich in ihren Hauptlagen. Bilden wir nun bei allen zwanzig Stellungen das Produkt der Cosinuse der Winkel, welche Oscillator und Kohärer mit ihren respektiven Hauptlagen bilden, so muss, wenn das Gesetz der Transversalität der Schwingungen richtig ist, dieses Produkt jeweilen proportional der stattfindenden Einwirkung sein. Da wir nun die Einwirkung durch die Widerstandsverminderung im Kohärer messen, und über den funktionellen Zusammenhang zwischen dieser Widerstandsverminderung und der Grösse der Einwirkung bis jetzt nichts wissen, so müssen wir uns damit begnügen, zu sehen, ob die beobachteten Widerstände abnehmen, wenn die oben genannten Produkte wachsen, und ob für diejenigen Stellungen, bei welchen diese Produkte gleich sind, die Widerstände gleich sind. Unter diesem Gesichtspunkt gruppiert, ergeben obige Resultate folgende Tabelle:

Stellung	Produkt der Cosinuse	Beobachtete Widerstände
K	1	34 Ohm
F	0,7	71 Ohm
I		87 „
P		67 „
E	0,5	190 Ohm
G		139 „
M		144 „
O		165 „
L	0,4	310 Ohm
N		420 „
U		301 „
ABC DHQ RST	0	alle ∞

Angesichts der Unvollkommenheit, die dem Kohärer, trotz aller Sorgfalt, anhaftet und seine Anwendung für Messungen erschwert, dürfen diese Zahlen doch als in gutem Einklang mit den Forderungen der Theorie und speziell mit dem Cosinusgesetz stehend bezeichnet werden. Man wird auch zugeben, dass diese Methode, trotz verschiedener Einwendungen, die man gegen sie erheben kann, Resultate liefert, die ebenso sicher sind als die, welche man mit dem gewöhnlichen Resonator erhält, bei welchem man durch Grösse und Zahl der ausgelösten Fünkchen die Kräfte im Felde bestimmt. Wir möchten daher obige Zahlen als einen neuen Beleg für die Transversalität der elektromagnetischen Schwingungen hinstellen.

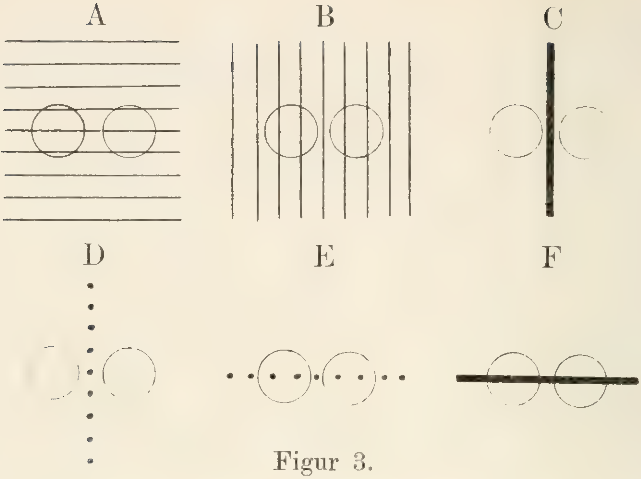
II.

Einfluss eines Drahtgitters auf elektrische Strahlen.

Ein für die Theorie ebenfalls sehr wichtiger Versuch, auf welchen die Methode des Kohärers auch wieder mit Vorteil angewendet werden kann, ist der, bei welchem ein Drahtgitter auf den Weg der Strahlen eingeschaltet wird. Diesbezügliche messende Versuche sind bereits vor zwölf Jahren von Rubens und Ritter unter Verwendung des Bolometerprinzips ausgeführt worden [1]. Wir haben dieselben mit dem Kohärer wiederholt und in dem Sinne erweitert, dass wir die Gitterebene nicht beständig senkrecht zur Grundlinie nahmen, sondern ihr alle möglichen Orientationen erteilten. Für diese Versuche bedienten wir uns zweier kleiner Hertz'scher Parabolspiegel, deren Axen horizontal je 1,5 m über dem Fussboden waren. Die Spiegel waren einander zugekehrt mit 4 m Abstand; einer enthielt in seiner Axe den Oscillator, der andere den Kohärer. Ihre Masse waren: Brennweite 4 c, Öffnung 40 c, Axenlänge 57 c. Es waren solche, wie sie von der Firma Leybold zu Demonstrationszwecken hergestellt werden. Das Gitter aus Kupferdrähten von 1,5 mm Dicke in Abständen von 1,5 c war auf hölzernem Rahmen montiert und hatte 80 c Breite. Die Mitte des Gitters war immer in der Mitte der Grundlinie, also 2 m von jeder Spiegelaxe entfernt. Über die möglichen Stellungen des Gitters gewinnen wir am besten durch beistehende Figur 3 einen Überblick, wobei nur die extremen Lagen angegeben und die durch 45° gehenden Übergangslagen weggelassen sind.

---

[1] *Rubens u. Ritter.* Über das Verhalten von Drahtgittern gegen elektrische Schwingungen, Wied. Ann. Bd. XL, p. 55, (1890).



Figur 3.

Bei diesen Zeichnungen denke man sich das Auge von der Mitte des Kohärers nach der Mitte des Oscillators, also in der Richtung der Grundlinie, blickend. Die Kugeln des Oscillators sind durch Kreise angegeben. Bei A und B ist die Gitterebene senkrecht zur Grundlinie, bei den übrigen fällt sie mit ihr zusammen. Bei C und F stehen die Gitterdrähte senkrecht zur Grundlinie, bei D und E parallel zu ihr. Ausser diesen sechs Hauptstellungen wurden auch die sechs mittleren Übergangsstellungen untersucht, die man bei jeweiligem Drehen um 45° erhält. Das Resultat dieser Messungen, welche für jede Haupt- und Zwischenstellung hundert mal wiederholt wurden, ergab folgendes Resultat für die Widerstände in Ohm:

	Hauptstellung	**Zwischenstellung**
A	433	
		222
B	94	
		86

	Hauptstellung	Zwischenstellung
C	77	
		 77
D	76	
		 75
E	77	
		 264
F	471	
		 463
A	433	

Wie man sieht, bestätigt sich die Folgerung der Theorie für die Polarisation der elektromagnetischen Schwingungen in den Versuchen A bis E, wogegen aber bei F erwartet werden sollte, dass die Wirkung fast ungestört sich ausbreiten sollte. Es ist das ein Punkt, wo die Analogie mit den Lichtstrahlen nicht mehr aufrecht erhalten werden kann, wie bereits die Herren Prof. Hagenbach-Bischoff und Zehnder bei ihrer Wiederholung der Hertz'schen Versuche es bemerkt hatten[1].

Diese Sache ist in innigem Zusammenhang mit den im nächsten Abschnitt zu besprechenden Versuchen, so dass wir auf dieselbe noch einmal zurückkommen werden.

III.

Interferenz direkter und an einer metallischen Wand reflektierter elektrischer Strahlen.

Beim Nachforschen nach weitern Analogien sind es sodann die Interferenzerscheinungen, welche Gegenstand vielfacher Untersuchungen geworden sind. Man hat sich bemüht, das Phänomen der Fresnel'schen Spiegel mit elektrischen Strahlen zu reproduzieren und insbesondere seine Modifikation nach Lloyd, welche nur eines einzigen Spiegels bedarf. Die Einfachheit dieser zweiten Disposition liess uns hoffen, auch hier mit der Methode des Kohärers einen Beleg für die betreffenden Folgerungen aus der Theorie zu erhalten. Von Herrn Righi wurde in seinem bekannten Buche, unseres Wissens zum ersten Male in dieser Absicht, dieser Versuch beschrieben [1]. Wir haben uns an die von diesem Gelehrten angegebenen Verfahren zur Produktion von Schwingungen gehalten, indem wir nach seinen Angaben einen Oscillator konstruierten, der eine Wellenlänge von 10,6 c liefern sollte. Zwei messingene Vollkugeln von 3,75 c Durchmesser waren in isolierenden Ringen so montiert, dass ihr Abstand genau reguliert werden konnte. Durch zwei seitliche längere Funken wurde dem System die Ladung zugeführt. Die Axe dieses Oscillators stand wieder parallel mit der des Kohärers, und es wurde immer zuerst bewerkstelligt, dass nur der mittlere kleine Funke wirksam war, während die beiden grossen Ladungsfunken wirkungslos blieben. Hiezu verband man die grossen Kugeln metallisch durch einen eingepressten Metallkeil und vergrösserte einerseits die Ladungsfunken während man andererseits die Empfindlichkeit des Kohärers verkleinerte bis keine Wirkung mehr bemerklich war. Darauf wurde der Metallkeil entfernt und der mittlere Funke auf günstigste Wirkung eingestellt. Die Reflexion geschah an einer ebenen Zinktafel von 2 m Länge und 1 m Breite, die mit der längern Seite parallel der Grundlinie gestellt war. Kohärer- und Oscillatoraxe waren der Ebene parallel, und letztere war parallel verschiebbar. Es bedeutet A in Figur 4 der

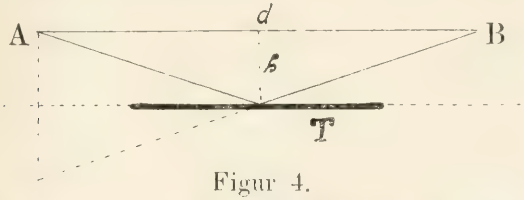
---

[1] *Hagenbach u. Zehnder*, Die Natur der Funken bei den Hertz'schen elektrischen Schwingungen, Wied. Ann. Bd. XLIII p. 610, (1891).

---

[1] *A. Righi.* Die Optik der elektrischen Schwingungen, deutsch von B. Dessau, p. 91.

Erreger, B der Empfänger, deren Axen senkrecht zur Papierebene seien und T die Blechtafel, deren Ebene auch senkrecht zur Zeichenebene sei.



Figur 4.

Es sei d der Abstand des Kohärers vom Oscillator, h der Abstand des Spiegels von der Grundlinie. Dann ist der geometrische Wegunterschied eines direkten und eines reflektierten Strahles:

$$\Delta = \sqrt{d^2 + 4\,h^2} - d$$

woraus:

$$h = \tfrac{1}{2}\sqrt{\Delta^2 + 2\,d\,\Delta}$$

Daraus lassen sich die Distanzen h berechnen, für welche Maxima oder Minima der Wirkung eintreten sollten. Unter Berücksichtigung, dass bei der Reflexion an der metallischen Wand eine halbe Wellenlänge verloren geht, sollten wir haben:

Maxima für $\Delta = \frac{\lambda}{2} \quad 3\frac{\lambda}{2} \quad 5\frac{\lambda}{2} \quad \ldots$

Minima für $\Delta = \quad \lambda \quad 2\lambda \quad 3\lambda \quad \ldots$

Berechnet man diese Distanzen h bei Zugrundelegung der Wellenlänge $\lambda = 10{,}6$ c und des Abstandes $d = 400$ c, so ergeben sich folgende Werte in c:

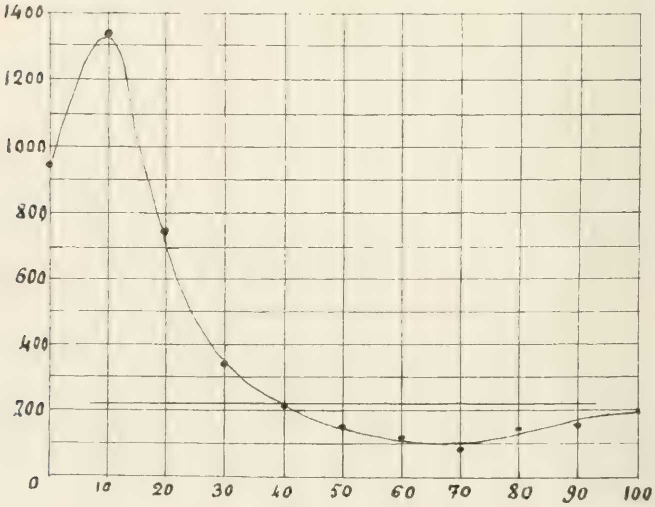
Maxima für h = 33 57 74 88 101 . . .

Minima für h = 46 68 81 94 . . .

Bei der Anstellung der Versuche haben wir die Distanz h von 10 zu 10 c wachsen lassen. Trotz einer sehr grossen Anzahl von Wiederholungen konnten wir das erhoffte Interferenzphänomen nicht wiederfinden. Alle Versuche ergaben Resultate mit demselben Charakter und folgende herausgegriffene Versuchsreihe giebt deren Typus wieder. Die Distanzen h sind in c angegeben, die Widerstände in Ohm.

Ohne Blechtafel.	Mit Blechtafel.	
224	d	Widerstand
	0	953
	10	1360
	20	754
	30	370
	40	290
	50	170
	60	131
	70	98
	80	133
	90	134
	100	230

Die graphische Darstellung dieses Ergebnisses in Figur 5 giebt ein deutliches Bild des Verlaufes der Erscheinung.



Figur 5.

Die horizontale Gerade in der Höhe 224 giebt die Wirkung an, wenn das Blech fortgenommen ist. Am Anfang, d = 0, schneidet das Blech die Strahlen stark ab, oder absorbiert sie stark. Bei d = 10 ist diese Absorption noch gesteigert und nimmt hernach wieder ab bis d = 40, wo die Wirkung mit Blech gerade gleich derjenigen ohne Blech geworden ist. Die Tafel ist dort ganz wirkungslos. Bei weiterem Entfernen des Schirmes tritt nunmehr eine Verstärkung ein, bis etwa bei d = 70 ein Maximum der Wirkung eintritt. Dann lässt diese Verstärkung wieder nach, und bei d = 100 ungefähr verschwindet wieder der Effekt der Tafel. Weiter hinaus zeigte sich dann auch kein Einfluss derselben mehr. Wie man sieht, trägt diese Kurve durchaus nicht den Charakter, den sie aufweisen müsste, wenn man hier wirklich eine dem Lloyd'schen Versuch der Optik analoge Erscheinung hätte. Berücksichtigt man nämlich die vorhin berechneten Distanzen h für Maxima oder Minima, so sollte, zunächst ganz abgesehen von der merkwürdigen Schwächung bei h = 0, die Kurve nach einer Verstärkung hinsteuern und nicht nach einer Schwächung, also hinunter und nicht hinauf gehen. Da ferner mit wachsender Entfernung h die Maxima und Minima immer näher zusammenrücken, so sollten die Schnittpunkte der Kurve mit der horizontalen 224 die Tendenz haben, in immer kleinern Intervallen aufeinander zu folgen und nicht, wie es hier zu sein scheint, immer mehr auseinander zu rücken. Mit andern Worten, die Kurve sollte nicht so flach sich hinausziehen, wie sie es thut.

Aus diesem den Forderungen der Theorie nicht entsprechenden Resultat könnte man nun entweder schliessen, dass die Methode des Kohärers im betrachteten Falle unzureichend ist, oder aber, dass die zu den Erscheinungen der Optik erhofften Analogien bei den elektromagnetischen Schwingungen noch in gewissen

Punkten Lücken aufweisen, deren genaue Konstatation und Erforschung von grosser Tragweite sein kann. Ohne entscheidend hier antworten zu wollen, wozu vorerst noch parallele Versuche etwa mit der Methode des Bolometers notwendig wären, möchten wir doch dahin neigen, dass man bis heute noch nicht von einer vollständigen und durchgreifenden Analogie zwischen beiden Arten von Strahlungen überzeugt sein darf. Was uns hiezu bewegt, ist, dass die Methode des Kohärers in den beiden vorhergehenden Aufgaben Resultate ergab, welche mit den Versuchsergebnissen bewanderter, mit andern Methoden operierender, Experimentatoren in guter Übereinstimmung stehen. Dieses spricht zu Gunsten des hier angewendeten Verfahrens und lässt es als das Wahrscheinlichste erkennen, dass bei unserem letzten Versuche thatsächlich die Analogie versagt.

Um sich nun über die hier vorliegende Erscheinung Rechenschaft zu geben, könnte man vielleicht folgendermassen verfahren, indem man sich mehr auf den Boden der alten Elektrizitätslehre stellt. Fassen wir den Oscillator als Zentrum einer Energieaustrahlung auf, so ist es ein ganz bestimmtes Bündel von Energiestrahlen, welche die Wirkung auf den Kohärer vermittelt, wenn noch keine Blechtafel da ist. Wenn nun das Blech in irgend eine der Lagen des Versuches gebracht wird, so werden in elementaren Streifen, aus welchen das Blech gebildet gedacht werden kann, Ströme induziert. Dieses wird auf Kosten auch eines gewissen Kegels von Energiestrahlen geschehen, wodurch immer eine gewisse Absorption von Energie bedingt sein wird. Die Elementarstreifen des Bleches können nun ihrerseits wieder auf den Kohärer induzierend wirken. Heissen wir diese Wirkung die sekundäre, während wir unter der primären diejenige verstehen, welche direkt, ohne Vermittlung des Bleches, vom Oscillator auf den Kohärer ausgeübt wird.

Liegt nun die Tafel so, dass h = 0 ist, so schöpft die Tafel ihre Energie direkt aus dem primären Kegel. Die primäre Wirkung ist schon ziemlich stark vermindert. Es werden in der Tafel aber nur in den dem Oscillator zunächst liegenden Streifen Ströme induziert und in den andern nicht, weil diese letztern vom Oscillator nicht „gesehen“ werden. Die sekundäre Wirkung der in den erstern Streifen induzierten Ströme kommt aber kaum zur Geltung, weil sie ihrerseits den Kohärer nicht „sehen“. Die Gesamtwirkung ist also eine sehr merklich geschwächte. Bringen wir jetzt die Tafel auf h = 10, dann absorbiert sie immer noch aus dem primären Kegel Energie, aber jetzt viel mehr als vorhin, denn alle Elementarstreifen werden jetzt vom Oscillator „gesehen“, und es wird in allen induziert. Die vermehrte Absorption hat eine noch bedeutendere Schwächung der primären Wirkung zur Folge. Die sekundäre Wirkung ist jetzt gegen vorher gesteigert, aber sie ist nicht imstande, die Schwächungszunahme ganz aufzuheben. Die Gesamtwirkung sinkt also noch tiefer als vorher, und das erklärt, dass die Kurve jetzt höher steht als vorhin. Gehen wir mit dem Blech auf h = 20, so hat die Tafel langsam begonnen, aus dem primären Kegel herauszutreten und hat angefangen, einen Teil ihrer Induktionsströme aus einem andern Kegel zu schöpfen. Die noch geschwächte primäre Wirkung ist im Wachsen begriffen und die sekundäre unterstützt sie, die Gesamtwirkung hat also wieder zugenommen. Bei h = 40 zieht die Tafel immer noch zum Teil den primären Kegel in Mitleidenschaft und die primäre Wirkung hat noch nicht ihre volle Höhe wieder erreicht. Die sekundäre Wirkung aber, die zum Teil aus einem neuen Strahlenkegel Energie schöpft, der mit dem primären nichts gemein hat, ist gerade hinreichend, um die Gesamtwirkung auf das volle Mass der direkten Wirkung zu bringen, welche stattfindet, wenn gar kein Blech da ist. Die Kurve schneidet also hier die horizontale Linie. welche diese letztere Wirkung darstellt. Gehen wir nun auf h = 50, so nimmt die Tafel immer noch etwas vom primären Kegel in Anspruch und schwächt noch um etwas die primäre Wirkung. Hiezu kommt aber die immer noch sehr merkliche sekundäre Wirkung der Tafel, die ihre Energie aus einem Kegel schöpft, der nur noch sehr weniges mit dem primären gemein hat. Die Gesamtwirkung ist grösser als ohne Blech. Bei h = 70 hat die additive sekundäre Wirkung ihren Höhepunkt erreicht, ebenso die primäre und hiemit auch die Gesamtwirkung. Die Kurve steht dort am tiefsten. Lässt man h noch mehr wachsen, so bleibt jetzt die primäre Wirkung ungeändert auf ihrer vollen Höhe, während die sekundäre wegen der wachsenden Entfernung beständig abnimmt, bis sie schliesslich sich der Beobachtung entzieht. Die Kurve wird sich wahrscheinlich asymptotisch der Horizontalen 224 nähern.

Auf diese Weise lässt sich vielleicht das eigentümliche Ergebnis unseres letzten Versuches erklären. Die dem Gedankengang zu Grunde liegende Zerlegung der Blechtafel in elementare Streifen senkrecht zur Grundlinie mag dadurch gerechtfertigt sein, dass wir auch einen Versuch anstellten, wo an Stelle der Tafel das früher benutzte Gitter mit entsprechender Orientation der Drähte gebraucht wurde. Zum Schlusse mag noch erwähnt sein erstens, dass die vollständige Neutralität des Gitters festgestellt wurde, wenn dasselbe als „reflektierende Wand“ benützt wurde, indem die Drähte parallel der Grundlinie verliefen, und zweitens, dass eine Blechtafel ebenfalls keine Wirkung zeigt, wenn die Oscillatoraxe auf ihrer Ebene senkrecht steht.

Basel. Physikalisches Institut der Universität. Nov. 1902.

Rheticus und Paracelsus.

Von

Karl Sudhoff.

Als Hohenheim in Salzburg die Augen schloss, war eben zu Basel bei *Robert Winter*[1]) der für den süddeutschen Vertrieb bestimmte Abdruck der ersten Schrift des damals 27jährigen *Georg Joachim Rheticus* über des grossen *Copernicus* unsterblich Werk erschienen, die „Narratio prima“ . . „de libris revolutionum Doctoris Nicolai Torunnæi Canonici Varmiensis,“ in Form eines Sendschreibens an den Nürnberger Mathematiker *Johannes Schöner*, welches einen Schleier nahm von den Augen der Menschheit — als *Hohenheim* schon zum ewigen Schauen eingegangen war. Das Lebenswerk des *Copernicus* selber wurde erst zwei Jahre später ausgegeben; *sein* sterbend Auge hat das erste fertige Exemplar noch am Morgen des Todestages gestreift. —

Wohl wusste man schon seit einigen Jahren in eingeweihten Kreisen von der grossen wissenschaftlichen That des Frauenburger Domherrn und die staunenerweckende Kunde drang langsam in immer weitere Kreise; aber in die weltfernen Alpenthäler, in welchen *Hohenheim* die letzten Jahre seines Lebens verbrachte, war kaum ein Laut von dieser grossen geistigen Umwälzung gekommen, welche die „libri VI de revolutionibus“ bringen sollten.

---

[1]) Nicht *Georg* Winter, wie *Leopold Prowe* in seinem „Nicolaus Coppernicus 1. Band. Das Leben II. Theil, Berlin 1883,“ S. 427 Anm. schreibt: einen Basler Drucker namens Georg Winter hat es im 16. Jahrhundert überhaupt nicht gegeben.

Und doch, wer sich nachdenkend in die Weltanschauung *Hohenheims* zu versenken versucht hat, wer gar seine astronomischen Schriften trotz der Sprödigkeit ihrer Form und des fliegenden Geistes ihrer Spekulationen oder ihrer mystischen Seitensprünge auf sich hat wirken lassen, der wird sich unwillkürlich die Frage vorgelegt haben, wie hätte *Hohenheim*, wenn er sie erlebt hätte, zu den Offenbarungen des *Copernicus* sich gestellt. Hätte der redliche Wahrheitssucher auf allen naturwissenschaftlichen Gebieten, dem beispielsweise in der Chemie so mancher Blick hinter den Schleier der Maja glückte, hätte er die neuen astronomischen Wahrheiten sofort mit offenen Armen aufgenommen, mit kongenialem Verständnis erfasst?

Wenn diese Frage auch ewig ohne Antwort bleiben muss, so wird doch das gleichzeitige Ringen der beiden Männer nach naturwissenschaftlicher Erkenntnis immer wieder den denkenden Historiker der Natur- und Heilkunde fesseln und zum Vergleich herausfordern.

Denen aber unter den heutigen Historikern der exakten Naturwissenschaften, welche etwa einen *Copernicus*, einen *Galilei* nachschaffend neu erstehen lassen wollen, und die Lippen spöttisch schürzen, wenn man neben *ihren* Grössen den genialen Einsiedler auch nur zu nennen wagt, denen gebe ich zur Erwägung, dass *Hohenheim* in seiner Auffassung von der Chemie — und um *diese* Naturwissenschaft handelt es sich bei ihm ja vor allem — jeglichem alchemistischen Krimskrams unendlich viel vorurteilsfreier gegenüberstand als etwa die grossen Astronomen neben und nach ihm den astrologischen Hirngespinnsten! — —

Aber die Brandmale der Verkennung und Verleumdung haben sich im Laufe der Jahrhunderte zu tief in das historische Antlitz des *Paracelsus* hineingebrannt, als dass auch die, welche sich frei von der Wirkung aller Schlagworte glauben, durch dieselben hindurch oder daran vorbei sehen könnten.

Wer jedoch eine gerechte Beurteilung *Hohenheims* anbahnen will, darf sich daran nicht stossen, darf sich auch durch das Gekläff der kleinen Geister der konservativen Schulmeute des 16. Jahrhunderts das geistige Ohr nicht stumpf machen lassen, sondern muss auf Hohenheim selbst und auf die wenigen Grossen nach ihm hören, die aus ihrem eigenen Geistesringen heraus für die verwandten Stimmen anderer Wahrheitskämpfer im wirren Marktgeschrei der Tagesgrössen, der Zeit- und Schulgemässen selber feinhörig geworden waren, die gleich einem *Tycho Brahe* oder *Giordano Bruno* Verständnis gewonnen hatten für das weltumspannende Neue, das *Paracelsus* geschaut und gedacht hat. — — —

Heute will ich nur den Einfluss, welchen Hohenheim auf Einen von ihnen ausgeübt hat, aufdecken, auf den Herold der Copernicanischen Wahrheitskündung, den man vielleicht nicht zu den „Grossen" im strengsten Sinne rechnen darf, dem aber im Nachschaffen Copernicanischer Grösse der Sinn erwacht war für das wahrhaft Bedeutende auch auf anderen Gebieten.

Ist doch die Geschichte der Einwirkung Hohenheims auf seine Zeitgenossen und Nachlebenden noch von grundauf zu schaffen — hiermit ein Steinchen zu diesem Bauwerk!

* * *

In den „*ONOMASTICA II.*," welche der federfertige Hagenauer Paracelsist, weiland Schulmeister und poëta laureatus *Michael Schütz*, genannt *Toxites*, im Jahre 1574 in Gemeinsamkeit mit *Johann Fischart*, dem Dichter und „Schriftführer der deutschen Nation," bei dessen

Schwager *Bernhard Jobin* in Strassburg hatte erscheinen lassen, findet sich im zweiten Teile, dem „Onomasticon Theophrasticum,“ auf Seite 430 bei der Erklärung des Wortes „Elixir“ folgende Zwischennotiz:

„Edemus autem breui publicæ vtilitatis gratia *Archidoxa* in latinam linguam, à viro clarissimo et doctiss. *Georgio Ioachimo Rhætico* medicinæ Doctore præstantiss. et mathematico summo optime conuersa, ut exteræ nationes melius iudicare de Theophrasti doctrina possint. *Gerardi* enim *Dornij* versio plurimis in locis vitiosa est . . .“

Der erste Apostel des grossen Meisters *Copernicus*, ein lateinischer Interpret der Paracelsischen Jugendschrift „Archidoxa“! — Man kann sich denken, wie ich stutzte, als ich diese Nachricht zum ersten Male las. Ein Zweifel an ihrer Authentizität konnte nicht statthaben; noch war ja der fähige Schüler des Frauenburger Domherrn am Leben[1])!

Es lässt bei *Rheticus* ein grosses Interesse an der Paracelsischen Reform der Heilkunde voraussetzen, wenn er sich entschloss, das lange verborgene, lange verloren geglaubte Handbuch der *Hohenheim*'schen chemischen Arzneibereitungslehre, das seit dem Ende des Jahres 1569 in zahlreichen Ausgaben an die Öffentlichkeit getreten war — jeder der bekannten Paracelsuseditoren und Paracelsusverleger in Strassburg, in Basel, in Köln, in München musste seine Archidoxen-Edition haben! — in korrekterer Form als bisher in die Sprache der gelehrten Welt zu kleiden.

Die noch so wenig aufgehellten Lebensschicksale des *Rheticus* in seinem letzten Jahrzehnt lassen einstweilen keine Begründung für die naheliegende Vermutung zu, dass er vielleicht schon vor ihrem Erscheinen im Druck die Archidoxen gekannt und übersetzt habe, dass ihn etwa der schlesische Dichter am polnischen Königshofe, *Adam Schröter* in Krakau, der das Buch 1569 bei *Mathias Wirzbieta* in blühendem Latein erscheinen liess, damit bekannt gemacht habe. Oder sollte *Rheticus* auch mit dessen Übersetzung, welche die offizielle Klique der Paracelsusschüler und -Herausgeber trotz ihrer kleinen Häkeleien untereinander mit beachtenswerter Einmütigkeit totschweigen, nicht zufrieden gewesen sein?

---

[1]) *Rheticus* starb zu Kaschau in Ungarn am 4. Dezember 1576.

Adam Schröter hatte sich der Gunst des *Albert Laski* (a *Lasko*) zu erfreuen und auch *Rheticus* stand mit der Familie der *Laski* in naher Beziehung, wie wir noch sehen werden. Ob Mitglieder des *Adam Schröter*'schen Freundeskreises in Polen wie die *Gutteter* in Krakau, *Johannes Gregorius Macer* oder der Lubliner Arzt *Rupertus Finck* im Leben des *Rheticus* eine Rolle gespielt haben, bleibt künftiger Forschung anheimgegeben. Ob irgendwo handschriftliche Spuren der von *Toxites* gesehenen Umgewandung des ältesten Leitfadens einer pharmazeutischen Chemie durch *Georg Joachim von Lauchen* heute noch vorhanden sind, konnte ich nicht in Erfahrung bringen; doch sind mir noch andere Zeugnisse für das lebhafte Interesse, das *Rheticus* für *Hohenheim* hegte, zu Handen gekommen.

⁂

Bekanntlich hat der gelehrte Ilfelder Schulrektor *Michael Neander* (* 1525, † 1595) im Jahre 1583, „ISLEBII Imprimebat Vrbanus Gubisius,“ in 8° eine „ORBIS TERRÆ PARTIVM SVCCINCTA EXPLICATIO“ (212 unnumerierte Bll.) erscheinen lassen, in welcher er — wie unter „Bruxella“ vom Tode des grossen *Ve-*

salius — so unter der Rubrik „Palatinatus, die Pfaltz, Vrbs Heidelberga“ von dem dortigen „grossen“ Professor der Medizin *Thomas Erastus* und seiner Bekämpfung der Paracelsischen Lehren in dem vierbändigen Werke der „Disputationes“ berichtet. Derart über Hohenheim zum Worte gelangt, kramt der gewissenhafte Schulmann nun seine ganze Weisheit über Paracelsus unter der Spitzmarke „Heidelberg“ fein säuberlich und gewissenhaft aus. Ja in den späteren Auflagen von 1586 und 1589 (beide in Leipzig in 8°) erschienen) finden sich über den Wundermann noch viel Seiten lange Zuthaten.

Doch schon in der ersten Auflage dieses Werkes findet sich ein für uns wichtiges Brieffragment des *Rhaeticus*, das *Neander* folgendermassen einführt: „. . addimus huc partem Epistolæ, quam Rheticus professor olim Mathematum in Accademia Lipsensi, et post hac Crocauiensi [!], ubi etiam anno superiori diem suum obijt, scripsit de Theophrasto ad virum quendam doctrinæ multiplicis et meritorum ergò in republicam literariam per uniuersam Europam clarissimum, communicatam nobis à pietate, doctrina varia, ingenio atque industria maximo domino Ioanne Reiffenstein, patritio Stolbergensi, nostri semper studiosissimo et amantissimo . .“ Also dem Stolberger Honoratioren *Johann Reiffenstein* verdankt *Neander* einen Brief des *Rheticus* an eine ungenannte wissenschaftliche Grösse jener Zeit, der folgendermassen lautet:

„Nostra medicina non est Geometria, quæ semper suum finem assequatur. Quantò enim plus in ea proficio, tantò plus in ea desidero. Credo eam posse cognosci, si idoneos præceptores haberemus, qualem unicum agnosco *Hippocratem*, in reliquis ut plurimum parollas[1]) habemus. *Fernelius* per destillandi artem inuenit eam rationem, ut omnem quartanam unico haustu curauerit, sed is obijt.

Paracelsus nostri seculi *Theophrastus* similia miracula multa præstitit, de quibus certò constat. Cum *Albertus Basa* Poloniæ regis medicus ex Italia rediret, diuertit ad Paracelsum, qui tum temporis ad Sancti Viti urbem agebat. Accessit cum Theophrasto ægrotum, quem superuicturum paucis horis affirmabant omnes ex casu virtutis, et pulsus defectu, laborante etiam pectore. Ibi Theophrastus idem affirmabat fore secundum Humoristarum artem medicam, sed facile restitui posse ex vera arte, quam Deus in natura occultauerit, atque ægrum in crastinum ad prandium invitauit, producto igitur quodam destillato trium guttarum, quod illi in vino exhibuit, restituit hominem, ut ea nocte conualuerit, et sequenti die comparuerit in hospitio Theophrasti sanus maximo omnium miraculo. Cum *huiusmodi multa ex Dei beneficio faceret, nihil nisi calumnias et obtrectationes assecutus est.*“

Hæc Rheticus[2]).

So spricht oder schreibt doch nur, wer von der Grösse der ärztlichen Kunst Hohenheims für seinen Teil fest überzeugt ist!

Dabei verdient es volle Beachtung, dass *Rheticus* sich neben *Hohenheim* nur auf seinen, als Neuerer verschrienen, Zeitgenossen *Jean Fernel* († 1558) beruft, der von Hohenheim bis zu einem gewissen Grade beeinflusst war, und bei ihm auch noch gerade ein chemisches Heilmittel rühmend hervorhebt. Man darf ferner nicht übersehen, dass *Rheticus* — ganz paracelsisch! — von den Alten einzig den *Hippokrates* als Lehrmeister noch weiter gelten lassen will, *Galenos* und *Avicenna* aber völlig bei Seite lässt oder verwirft, auf welche sein astronomischer Lehrmeister *Copernicus* noch so grosse Stücke hielt.

---

[1]) „Hohlköpfe“; in parolla eig. kleines Geschirr („lebes minor“ *Du Cange*), vergl. niederrheinisch „Düppen“ für Dummkopf.

[2]) L. c. 1583 Bl. J_2^{v}; 1586 Bl. G_8^{v}; 1589 Bl. $56_b - 57_a$.

* * *

Ein weiteres direktes Zeugnis für den Einfluss, welchen *Hohenheim*'sche Gedanken auf den geistvollen Vorarlberger Mathematiker und Arzt ausgeübt haben, finden wir in einem langen Schreiben des *Georg Joachim Rheticus*, das an einer allenthalben leicht zugänglichen Stelle abgedruckt ist und trotzdem Allen entgangen zu sein scheint, welche sich in den letzten Jahrzehnten mit seinem Leben, Denken und Schaffen näher beschäftigt haben. *Melchior Adam* in seinen „Vitæ Germanorum Philosophorum“ [1]) weist auf diese Quelle hin und *Siegmund Günther* [2]) hat offenbar eine recht dunkle Kunde davon erhalten, wie die Titel angeblicher ungedruckter Werke aus dem Nachlass des *Rheticus* darthun, über welche „der Pole *Casicius*“ berichten soll.

Josias Simler, der Schüler und Biograph *Konrad Gesner's* teilt 1574 in der ihres ursprünglichen Reizes beraubten „Epitome“ der Gesner'schen „Bibliotheca universalis“ (von 1545) einen Brief mit, den unser *Rheticus* 1568 an den berühmten Gegner der aristotelischen

---

[1]) Ed. III. Francofurti ad Moenum 1706 Fol. S. 136.

[2]) Allg. Deutsche Biographie Bd. 28. S. 390.

Philosophie, *Pierre La Ramée* (Petrus Ramus) in Paris gerichtet hat[1]).

In diesem Briefe an den Pariser Philosophen und Mathematiker entrollt *Rheticus*, 8 Jahre vor seinem Tode, eine lange Liste seines literarischen Schaffens — Vollendetes und Geplantes — und entwickelt gleichzeitig die Grundgedanken, welche ihn bei seinen wissenschaftlichen Arbeiten geleitet haben, die er beispielsweise in die Worte zusammenfasst:

„*Ut hypothesibus artem astronomicam liberem, solis contentus observationibus.*“

Doch auch scharf polemisch fixiert er seinen Standpunkt als Neuerer, als Reformator:

„In his omnibus ego longe iniquior sum Ptolemæo, quam tu Euclidi, illumque magis flagello quàm tu Euclidem.“

Ja er zieht folgenden bissigen Vergleich des gewaltigen Gebäudes der Ptolemäischen Weltordnung mit einem Kinderspielzeug:

„Nam sicut se habent domunculæ [Häuschen] quas pueri luto et arena ædificant, ad Vitruvii ædificationes, seu palatia florentis Romæ: ita se habent magnæ Ptolemæi constructiones, quas potius maximas destructiones appellaveris, ad veram et solidam de motibus siderum doctrinam, quam et Aegyptiorum Astronomiam dixeris, qui suis

---

[1]) Petrus Ramus wurde ein Opfer der Bartholomäusnacht (1572). — Ich benütze die vollständigste Ausgabe der Gesner-Simler'schen „Bibliothek,“ hrsg. v. Joh. Jakob Frisius, Tiguri 1583 Fol., in welcher sich das Schreiben des *Rheticus* an *Ramus* S. 270 abgedruckt findet. In der „Epitome Bibl. Gesner.“ Tiguri 1574 Fol. steht der Brief an *Ramus* auf S. 228.

RADIIS (quos Græci per imperitiam obeliscos vocabant) divina plane mente præditi, has tractabant scientias, etc.“

Nach dieser kräftigen Expektoration fasst *Rheticus* seine ganzen Bestrebungen unter folgendes Leitmotiv:

„Clarissime Rame in his subsistere cogito, nisi quod **Germanis meis Germanicam Astronomiam condo.**

Nun frage ich jeden, der seinen *Paracelsus* kennt: glaubt man hier nicht *Hohenheim* reden zu hören? Ist da nicht deutlich die Einwirkung etwa seines Briefes an *Christoph Clauser* zu spüren, von dem ich nur ein paar Zeilen hierhersetze:

Innata mihi mea est violentia medica ***ex patrio solo:*** *sicut enim Arabum medicus est Avicenna, Pergamensium Galenus, Italorum vero Marsilius [Ficinus] Mediorum optimus fuit: ita etiam* ***ipsa me Germania fœlicissima in suum Medicum necessarium delegit*** *. . . . quælibet Natio suum sibi proprium peculiarem Medicum producit . . . . .* ***Hæc igitur facultas ea est ex qua ego scribo, quam ipsa mihi patria dedit,*** *idque ipsum per necessitatem quam dixi, ex qua prognatus ego sum . .*“

Wie Hohenheim auch anderwärts betont, dass er ein ***„Philosophus nach der deutschen Art“*** sei, ist bekannt, ebenso wie er wissenden Herzens darüber klagt, wie man ihn verfolge: *„dass ich allein bin, dass ich neu bin, dass ich* ***deutsch*** *bin!*“ u. s. w.

Doch kehren wir zu dem Briefe des *Rheticus* zurück! Es heisst dort weiter:

„In ea vero parte quæ est de Effectibus siderum, Pandectas Astrologiæ in ordinem redigo.

Sed et eius propriam condidi artem, antiquissimis artis fundamentis exquisitis.“

Astrologische Schwachsichtigkeiten waren ja auch dem so klar sehenden grossen *Nicolaus Copernicus* nicht fremd, und des *Rheticus* heliozentrische astrologische Theorien und Abenteuerlichkeiten sind bekannt[1]), während Hohenheim hierin seine besonderen Wege ging, die sich in kurzen Worten einstweilen nicht skizzieren lassen. Es ist das auch für diesmal nicht von nöten, da der Schildknappe des *Copernicus* auf diesem seinem ureigensten Spezialgebiete selbständig Stellung genommen hatte.

Wichtiger ist das Folgende:

„Habeo etiam præ manibus *novas de rerum natura philosophandi rationes,* **ex sola naturæ contemplatione, omnis antiquorum scriptis sepositis.**“

Das ist die Quintessenz der *Hohenheim*'schen Reform, welche das „*Perscrutamini rerum naturas*“ an die Stelle der alten Lehrmaxime „*Perscrutamini scripturas*“ setzte; denn die Naturwissenschaft „*bedarf nun weiter keines Skribenten mehr, allein Interpretes auf das Buch der Natur nach Inhalt ihres Textes.*“ Auch für die Medizin hat dies „*Eperientia ac Ratio Auctorum loco mihi suffragantur,*“ wie er im Baseler Programm betont, unbeschränkte Geltung; denn „*die Natur lehrt den Arzt und nicht der Mensch.*“ So fährt denn auch *Rheticus* fort:

„Idem *in arte medica* factito.“

und teilt mit, dass er auch, in der damals eben erst in Halme schiessenden, neuesten naturwissenschaftlichen Disziplin, der Chemie, sich zu vervollkommnen, in reger Arbeit beflissen sei:

---

[1]) Vgl. z. B. *Leop. Prowe,* Nicolaus Coppernicus 1. Bd. II. Teil, Berlin 1883 S. 401 u. 430 Anm.

„Et cum *plurimum* **Chemia** *delecter, ad eius artis fundamenta penetravi, ut septem de ea libros delinearerim.*“

Vielleicht tauchen diese schriftstellerischen Versuche in der Scheidekunst noch einmal handschriftlich wieder auf. Teilt doch *Simler* mit, dass ein grosser Teil aller der genannten — hier nicht mit aufgeführten — Schriften des *Rheticus* nach *Johannes Laski*'s brieflicher Mitteilung schon 1570 vollendet vorgelegen hätten und von diesem selbst eingesehen worden seien — „magna[m] horum librorum partem iam absolutam se vidisse, ante quadriennium ad me scripsit, ornatissimus vir *Ioannes Lasicius Polonus*[1]),“ — die *sieben Bücher über die Chemie* dürften sich mit grosser Wahrscheinlichkeit darunter befunden haben.

Die Bezeichnung „*Chemia*“ für die wissenschaftliche, namentlich pharmazeutische Seite der Alchemie ist im Jahre 1568 immerhin noch beachtenswert. Was die *Sache* angeht, so ist gerade in der medizinischen Chemie im Beginn der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts der dominierende Einfluss Hohenheims absolut ausser Frage.

Auf *Rheticus*' ärztliche Qualität weist gerade der Schluss des von *Simler* mitgeteilten Brieffragmentes noch einmal recht eindringlich hin:

„Tot et tanta sunt quæ tracto, et ad quæ mihi hactenus ars medica, meus Mœcenas sumptus suppeditavit.“

Was doch wohl besagen will, dass dem Leipziger Professor der Mathematik, in den Wanderjahren seines letzten Lebensabschnittes wenigstens, der Ertrag seiner ärztlichen Praxis die Mittel verschaffte, um seinen gelehrten Arbeiten ohne Nahrungssorgen sich widmen zu können. Seine ärztliche Thätigkeit, welche *Simler*, *Toxites*, *Neander*, *Paschalis Gallus*, *Adam* und hier auch *Rheticus* selbst bezeugen, dürfte biographisch doch mehr Beachtung verdienen, als es bisher geschehen ist.

---

[1]) Das ist der polnische Gewährsmann *Günthers!*

Auch sein Lehrmeister *Copernicus* hatte ja Medizin studiert und genoss einen weitverbreiteten ärztlichen Ruf; ja er wurde in der übertreibenden Ausdrucksweise jener Zeit in seiner Umgebung wohl als „zweiter Äskulap“ bezeichnet. Jedenfalls gehörte er zu den Koryphäen der Heilkunde in den Weichselgegenden, aber die medizinischen Bücher, die er besass und täglich gebrauchte, vor allen das „Philonium“ der Leuchte von Montpellier, *Valescus de Taranta* (Balescon de Tarente aus Portugal, um 1380), sowie die überlieferten ärztlichen Aufzeichnungen seiner Hand beweisen klar, dass der Reformator der Himmelskunde getreulich in den althergebrachten Spuren des „Fürsten der Arznei“ *Avicenna* (Ibn Sina, 980—1037) wandelte[1]. Nicht so sein sonst pietätvollster Jünger, *Georg Joachim Rheticus!*

Wie unvollkommen und lückenhaft auch die Überlieferung über ihn bis heute noch ist — soviel wird jedermann klar geworden sein, dass *Rheticus* als Arzt im Lager der Anhänger des Paracelsus gestanden hat!

* * *

Für die Frage der Beziehung *Georg Joachim's von Lauchen* zu *Hohenheim* darf endlich ein Faktor nicht ausser Rechnung bleiben, der Empfänger des zuletzt besprochenen langen Briefes (der wie ein Rechenschaftsbericht über die ganze Summe seines Lebens aussieht und in seiner biographisch-literarischen Bedeutung für *Rheticus* von mir nicht zur Hälfte erschöpft ist) *Pierre La Ramée*, welcher in ebendemselben Jahre 1568 in seiner berühmten „Oratio de Basilea“ die ewig denkwürdigen, hoch anerkennenden Worte über *Hohenheim* gesprochen hat: „In intima naturæ viscera sic penitus introivit; metallorum stirpiumque vires et facultates tam incredibili ingenii acumine exploravit ac pervidit, ad morbos omnes vel desperatos, et opinione hominum insanabiles, percurandum: *ut cum Theophrasto nata primum medicina perfectaque videatur* . .“ und, nach einer Schilderung der einstigen Reform des *Asklepiades von Bithynien* in Rom zum Schlusse erklärt hat: „*Theophrastus nempe Germanicus hic Asclepiades fuit:* quem Adamus Bodensteinius Basileæ suscitat: sicuti totâ Germaniâ plerique excellentes medici.“

---

[1] Vgl. *L. Prowe*. Nicolaus Coppernicus I. II. S. 291—320.

Mit diesen Worten, die zugleich ein weiteres vorurteilsfreies Zeugnis der nächsten Nachlebenden von Bedeutung über Hohenheim bilden, hat *Petrus Ramus* offenbar auch unserm *Georg Joachim Rheticus* aus der Seele gesprochen!

Beiträge zur Kenntnis der Labyrinthanomalien bei angeborener Taubstummheit.

Von

F. Siebenmann.

Als Taubstummheit definieren wir nach dem Vorgehen von *Mygind* und *Bezold* denjenigen pathologischen Zustand, welcher beruht auf einer angeborenen oder im frühen Kindesalter erworbenen Anomalie des Gehörorgans mit dauernder und so bedeutender Herabsetzung des Gehörs, dass das betreffende Individuum durch Hilfe des Gehörs allein die Sprache nicht erlernen kann oder — falls letztere beim Eintritt der Taubheit schon erlernt war — sie nicht auf diesem Wege erhalten kann.

Die klinische Seite der Taubstummheit ist durch eine grosse Anzahl früherer statistischer Arbeiten, namentlich aber durch die neuern Untersuchungen *Bezolds* über die Funktion des Taubstummenlabyrinthes und über die Hörreste der Taubstummen wesentlich gefördert worden. Mit diesem klinischen Ausbau der Taubstummenfrage hat die anatomische Erforschung des Taubstummenohres aber nicht gleichen Schritt gehalten. Dies gilt besonders von den *angeborenen* Veränderungen, auf welche ich mich in meinem heutigen Vortrage beschränken möchte.

Die Schwierigkeit solcher anatomischen Untersuchungen lag von jeher darin, dass der wichtigste Teil des Ohres — das Labyrinth — ein sehr zartes Gebilde darstellt und dass es zudem tief im harten Knochen des

Felsenbeines eingebettet ist. Eine Untersuchung konnte nur unter Zerstücklung dieses Knochens vorgenommen werden und dabei zerriss der häutige Inhalt der Labyrinthhöhlen in der Regel zu unkontrollierbaren Fragmenten. So kam es. dass früher nur die allergröbsten Veränderungen zur Beobachtung gelangen konnten. Zu solch hochgradigen augenfälligen Veränderungen gehört in erster Linie das Fehlen des ganzen Labyrinthes oder einzelner Teile desselben. Indessen haben sorgfältige Untersuchungen und Nachuntersuchungen wie z. B. diejenigen *Myginds* nachgewiesen, dass es sich in diesen Fällen nicht um primäre abnorme Anlage, sondern mit ganz wenigen Ausnahmen bloss um Produkte späterer Entzündungen und um sekundäre knöcherne Auffüllung der ursprünglich normal vorhandenen Labyrinthräume handelt. Andere Veränderungen, die unbestritten als angeborene Hemmungsbildungen zu betrachten sind, betreffen die Länge und Form des knöchernen Schneckenkanals: Eine Verkürzung von 2 $^{3}/_{4}$ auf 1 bis 1 $^{1}/_{2}$ Windungen, sowie ein Ersatz der ganzen Schnecke oder bloss ihrer obern Hälfte durch einen des innern Ausbaues entbehrenden, grossen Hohlraum wurde mehrmals gefunden. Auch gänzliches oder teilweises Fehlen des häutigen Inhaltes der Schnecke ist makroskopisch bei angeborener Taubheit konstatiert worden. — Dagegen muss bezweifelt werden, ob die nicht gerade häufigen Befunde von Degeneration und Atrophie des Stammes oder einzelner Zweige des Acusticus ohne weiteres als alleinige Ursache von angeborener Taubstummheit bezeichnet werden dürfen, da die Weichteile des Labyrinthes in diesen Fällen nicht genügend untersucht worden sind.

Während also die ältern Sektionsbefunde über die Ursache der angeborenen Taubheit uns nur sehr spärliche und wenig zuverlässige Anhaltspunkte liefern, scheint dagegen die moderne Sektionstechnik hier unerwartetes Licht zu bringen. Statt dem frühern rohen Verfahren des Aufmeisselns und Aufsägens oder der unzweckmässigen Paraffin-Durchtränkung mit nachfolgendem Mikrotomieren sind wir nämlich durch das Einführen des Celloidins in die mikroskopische Technik in Stand gesetzt, auch diese häutigen zarten Gebilde, welche die knöchernen Hohlräume erfüllen, in situ zur Anschauung zu bringen und mit dem Mikroskop zu analysieren. Dieser moderne Untersuchungsmodus besteht darin, dass der aus dem Felsenbein herausgesägte und das Labyrinth mit der Paukenhöhle enthaltende Knochenwürfel zunächst in einem Gemisch von Formol und Müllerscher Flüssigkeit fixiert, in Salpetersäure entkalkt, dann mit Celloidin imprägniert, gehärtet und schliesslich in eine fortlaufende Reihe feinster Schnitte zerlegt wird.

Derartig erhobene mikroskopische Befunde von Veränderungen des Labyrinthes bei *angeborener* Taubstummheit besitzen wir bis jetzt nur sehr wenige. Zwei stammen von *Scheibe* (München) und drei von unserm Institute. Dazu kommen ausser einigen, leider viel zu kurz mitgeteilten Fällen von *Katz* in Berlin, noch die interessanten und genauen Untersuchungen von *Alexander*, welche Säugetiere betreffen und zwar die taube albinotische Katze und die taube japanische Tanzmaus. Merkwürdiger und unerwarteter Weise handelt es sich aber in diesen Fällen von angeborener Taubheit nicht um gröbere Veränderungen der knöchernen Labyrinthräume, sondern um histologische Abnormitäten ihres Inhaltes und zwar in erster Linie des Sinnesepithels der Schnecke, dann aber auch des Vorhofapparates. Leider können von den vielen höchst interessanten Fragen pathologischer und physiologischer Natur, welche auf Grund dieses Materials einer Förderung harren, bis heute nur wenige beantwortet werden und zwar deshalb, weil die funktionelle Prüfung der Taubstummheit erst in allerletzter Zeit eine wissenschaftlich genaue Ausbildung erhalten hat und sie gerade in diesen vorliegenden Fällen noch nicht zur Anwendung gelangt war. — Immerhin sind wir doch im Stande, schon heute erstens aus den vorliegenden anatomischen Befunden Rückschlüsse zu machen auf gewisse noch streitige Punkte in der *Lehre der funktionellen Bedeutung des Labyrinth-Vorhofes* und zweitens hinzuweisen auf gewisse *Entwicklungsstörungen im Labyrinth*, die bisher fast unbekannt, in Zukunft jedenfalls häufig gefunden werden.

I. Über die Frage, welche Teile des Labyrinthes für das Hören am wichtigsten seien, war man sich relativ früh klar; allgemein wurde die Schnecke als das eigentliche Hörorgan angesehen. Dagegen bestehen bis in die letzten Jahre hinein Unklarheiten und Widersprüche bezüglich der physiologischen Bedeutung des Vorhofs und der Bogengänge. Das physiologische Experiment, die letztern Teile des Ohres isoliert auszuschalten, scheiterte an dem Umstande, dass die Nerven, welche Vorhof und Bogengänge bedienen, in einem gemeinsamen Stamme mit dem Schneckennerv verlaufen und dass sie nicht nur schwer isolierbar, sondern beim Wirbeltier überhaupt schwer zugänglich sind. Das Nämliche gilt von den einzelnen Teilen des Labyrinthes selbst, so dass es fast unausführbar ist die Schnecke allein zu vernichten, ohne gleichzeitig den Vorhof- und den Bogengangapparat zu schädigen. Denn die häutigen Teile, welche durch das knöcherne Labyrinth gemeinsam umschlossen werden und welche die spezifischen Nervenendigungen tragen, sind nur teilweise mit den Kochenwänden fest verbunden; sie flottieren, dem Einfluss der Schwere entrückt, in einer gemeinsamen Flüssigkeit, — der Perilymphe. Zudem bildet die häutige Schnecke mit den Bogengängen und mit dem Vorhofapparat einen einzigen zusammenhängenden Sack, der allerdings mannigfach gegliedert aber doch so gebaut ist, dass wenn er an einer Stelle (traumatisch oder ulcerativ) eröffnet wird, hier auch der Inhalt der andern Stellen — und zwar Endo- wie Perilymphe — abfliesst, unter gleichzeitiger schwerer Schädigung *sämtlicher* Nervenendstellen des häutigen Labyrinthes. Die beim Menschen beobachteten Fälle von Ausstossung des Labyrinthes beantworten deshalb nicht die eng umgrenzte Frage: „Was können wir ohne Schnecke hören?“ sondern die viel allgemeinere: „Was können wir ohne *Labyrinth* hören?“ So war man denn angesichts dieser Schwierigkeiten zunächst auf die vergleichende Anatomie und auf die Deutung der dort vorhandenen normal anatomischen und physiologischen Verhältnisse angewiesen; und hier stellte sich zunächst die wichtige, von *Kreidl* nachgewiesene und erst neuerdings unbestritten anerkannte Thatsache heraus, dass von den schneckenlosen Wirbeltieren die Fische nicht hören. Experimente bei verschiedenen Wirbeltierklassen stellten ferner die Thatsache fest, dass der Bogengang- und Vorhofapparat ein Orientierungs- und Regulierungsapparat ist für Stellungs- und Lageveränderungen des Kopfes respektive für die Equilibrierung des ganzen Körpers (statisches Organ), und dass unter seinem Einflusse die Muskulatur sich in einem beständigen Tonus befindet (Tonuslabyrinth). Während die funktionelle Bedeutung des Bogengangapparates bezw. der 3 Ampullen mit ihren 3 Cristae durch die scharfsinnigen, minutiös exakten Experimente von *Ewald* endgiltig festgestellt worden ist, stehen auch heute noch namhafte Physiologen dafür ein, dass möglicherweise dem ganzen Vorhof- und Bogengangapparat und von den beiden otholitenhaltigen Flecken des Vorhofes namentlich der Macula sacculi akustische Eigenschaften zukommen. Welche Täuschungen aber bezüglich der Prüfung des akustischen Sinnes das Tierexperiment hervorrufen kann, beweist drastisch der in den letzten Jahren ausgefochtene Streit um die Möglichkeit der Hörfähigkeit von Tauben, denen das ganze Labyrinth exstirpiert worden war und welche dennoch reagierten auf grobe Geräusche (Schiessen, Blasen des Nebelhorns). — Neuerdings hat der Wiener Ohrenarzt *Dr. Alexander* eine Reihe von histologischen Befunden und Experimenten veröffentlicht, welche immerhin einen Teil der soeben berührten Frage für das Säugetier-Ohr zu beantworten scheinen und zwar — wie zu erwarten war — in dem Sinne, dass dem obern der beiden Vorhofsäckchen, dem *Utriculus* und *den Bogengängen, keine akustische Funktion zukommt. Alexander* fand nämlich bei einer unvollkommenen albinotischen Katze, welche auf keinerlei Geräusche und Töne reagierte und welche somit taub war, dass der Bogengangapparat samt dem Utriculusfleck und den zugehörigen Nerven ganz normal, die Nervenendstelle des Sacculus aber samt dem Schneckenepithel hochgradig degeneriert waren.

Die Frage, ob dem *Sacculus*, welcher ja der Schnecke topographisch-anatomisch, phylogenetisch und embryologisch näher steht als der Utriculus, akustische Bedeutung zukomme, scheint ebenfalls in negativem Sinne beantwortet werden zu müssen. Ein Sektionsbefund, der kürzlich in unserm Institute erhoben worden ist und in seiner Art einzig dasteht, darf in diesem Sinne als interessantes Beweismaterial ein höheres Interesse beanspruchen: Da der Fall samt dem folgenden nächstens in extenso als Dissertation in der Zeitschrift für Ohrenheilkunde (durch unsern Assistenten Herrn Dr. *Oppikofer*) veröffentlicht wird, beschränke ich mich hier auf diejenigen Einzelheiten, welche zur Lösung der oben berührten Frage von Wichtigkeit sind:

Es handelt sich um eine im hiesigen Bürgerspital verstorbene Frau, welche nur solche Geräusche wahrgenommen hatte, die nachweisbar auch *gefühlt* werden (sehr lautes Donnern, ins Ohr schreien oder Schiessen in unmittelbarer Nähe), welche also ganz taub gewesen war. Gleichgewichtsstörungen waren nie bemerkt worden; Patientin war im Gegenteil sehr gewandt und flink. Eine genaue und gründliche Untersuchung des einen durch Herrn Prof. Kaufmann uns gütigst überlassenen Labyrinthes ergab, dass der Stamm des Schneckennervs wenig oder gar nicht, der im Labyrinth verlaufende Teil desselben aber samt dem Schneckenganglion hochgradig hypoplastisch war und dass das Cortische Organ teilweise oder ganz fehlte und nirgends seine vollkommene Ausbildung erreicht hatte. — Das ganze übrige Ohr war normal; vollständig normal war der Bogengangapparat mit dem Utriculus, und auch der Sacculus mit seinem Fleck, sowie die zugehörigen Nerven boten nicht die geringste Veränderung dar. — *Somit kommt weder den beiden Vorhofsäckchen noch den Bogengängen irgend welche akustische Bedeutung zu und es muss die Perceptionsstelle für die Geräusche wie für die Töne in die Schnecke — speziell ins Cortische Organ — verlegt werden.*

II. Eine andere, kürzlich von uns bei zwei Individuen gefundene pathologisch-anatomische Veränderung im menschlichen Labyrinth wirft — zusammengehalten mit dem sogleich zu beschreibenden ähnlichen Befunde beim albinotischen Raubtier — ein recht interessantes Licht auf eine gewisse, offenbar recht häufige Art der intrauterinen Genese der Schwerhörigkeit respektive Taubheit und Taubstummheit:

Der erste Fall betrifft einen taubstummen Mann, Michael H., der aus einer leiblich und geistig degenerierten Familie stammt und welcher im hiesigen Bürgerspital gestorben ist. Das zweite überlebende der 10 Geschwister sowie eine Grossnichte sind ebenfalls taubstumm und erstere besitzt, wie unsere Untersuchung ergab, auf dem einen Ohre noch ausgedehnte Hörreste, sowie normale Nystagmus- und Schwindelreaktion beim Drehversuch, während das andere Ohr total taub ist.

Dagegen wissen wir soviel wie nichts über das Hörvermögen und über die statischen Funktionen des Verstorbenen und im hiesigen pathologischen Institut zur Obduktion gelangten Michael H. Auch die Journale der Taubstummenanstalt, in welcher er seiner Zeit unterrichtet worden ist, geben hierüber leider keine Auskunft.

Das äussere und mittlere Ohr war durchaus normal gebildet, und auch das knöcherne Labyrinth, sowie der Hörnerv zeigten keine Abnormität. Dagegen bot die *mikroskopische* Untersuchung der beiden Labyrinthe ein höchst interessantes, identisches Bild: Die Wände des Vorhofsäckchens und der Schnecke, sowie des Verbindungsganges zwischen beiden, des Ductus reuniens, sind nicht in normalem Spannungsverhältnis sondern zusammengefallen, collabiert, teilweise bis zur Aufhebung des Lumens aufeinanderliegend und verwachsen; und — was nun sehr wichtig ist — ihr Sinnesepithel ist hochgradig degeneriert. Der Utriculus mit den Bogengängen ist dagegen normal geblieben. — Der Collaps der membranösen Wände der Pars inferior labyrinthi ist nicht überall in gleichem Masse ausgebildet: Am meisten betroffen ist der Sacculus und der Ductus reuniens; beide sind vollständig zusammengefallen und verödet; das jedenfalls abnorm gross angelegte freie Wandstück ist auf die mit dem Knochen fester verbundenen und den Nervenfleck tragenden Teile der Wand zurückgesunken und in mehrfachen Falten mit ihnen verwachsen. — Der häutige *Schneckenkanal* ist mancherorts ursprünglich auffallend weit angelegt gewesen; die Vergrösserung betrifft fast ausschliesslich die *äussere* Wand, deren Epithel im normalen Ohre dem Spiralband fest aufliegt, hier aber stellenweise blasig abgehoben und in Falten gelegt ins Lumen hinein fällt und die wichtigste Stelle der Schnecke — die Papilla acustica oder basilaris, früher das Cortische Organ genannt — in mannigfacher Weise schädigt, so dass dasselbe nirgends seine normale Ausbildung erreicht. Diese Schädigung wird durch die direkte Berührung und Verklebung der Falte mit der Oberfläche der Papille und ihrer Deckmembran verursacht. Vorschieben und nachträgliches Zurückweichen solcher Falten ist mehrfach nachzuweisen aus den zurückgelassenen Spuren, die in Form von Pigmentanhäufungen auf dem Spiralblatt und von Verzerrungen der Papille und ihrer Deckmembran auch da vorhanden sind, wo später keine Falte meht so weit ins Lumen hinein vorragt.

Während der Nervenstamm des Acusticus normale Stärke und normales mikroskopisches Verhalten zeigt, ist der Ramus cochlearis und der Ramus saccularis in seinem Endstück (Teleneuron) vom Schnecken- respektive Vorhofganglion an sehr schwach entwickelt.

Zwei durchaus ähnliche Befunde teilt *Scheibe* mit; nur war in dem zweiten seiner Fälle der Sacculus beiderseits normal.

Während bei diesen 3 Taubstummen (den beiden von *Scheibe* und dem unsrigen) das Sinnesepithel der Schnecke durch die Faltung der *äussern* Wand ihres epithelialen Rohres zerstört worden ist, finde ich in einem Labyrinthe, welches der Leiche eines sehr schwerhörigen älteren Mannes entnommen ist, die Verödung der akustischen Papille hervorgebracht durch Collaps der *Reissnerschen Membran* (Membrana vestibularis). Dieselbe ist normaler Weise die dünnste der drei Wandungen, welche den prismatischen Epithelialschlauch des Ductus cochlearis bilden; auch entbehrt sie einer festen Unterlage; auf dem Durchschnitt durch die normale Schnecke erscheint sie als Hypotenuse eines Dreiecks, welches das Lumen des Ductus cochlearis darstellt und in welchem das Spiralblatt die eine, die obere Hälfte des Ligamentum spirale die andere Kathete repräsentieren. In unserm Präparate aber wird mit Ausnahme des untersten Viertels der Basalwindung die Reissnersche Membran bogenförmig so in das Dreieck hinabgedrückt, dass nur noch ein ganz kleiner Raum im gegenüber liegenden rechten Winkel frei ist. Die akustische Papille bleibt überall auffallend niedrig und erscheint als ein breiter Wall, dessen Zellen dicht und lückenlos ineinander gedrängt, auch ziemlich regellos angeordnet sind und sich nur schwer gegen einander abgrenzen lassen. Die Deckmembran liegt fest eingekeilt zwischen der Reissnerschen Membran und der akustischen Papille und erscheint stellenweise mit denselben so verlötet, dass keine Grenze mehr zwischen ihnen erkennbar ist. — Auffallend ist der Umstand, dass das Ligamentum spirale mit Ausnahme des untern Viertels der Basalwindung sehr schwach aufgewickelt respektive zurückgedrängt und dass gleichenorts auch die Membrana basilaris *wellig verbogen* ist. — Auch hier sehen wir also wieder eine allzugrosse Anlage der häutigen Schneckenwandung; doch ist es diesmal nicht die äussere, sondern die *untere (Basilarmembran) und die obere innere Wand (Reissnersche Membran)*, welche bei ihrer abnormen Grösse *in dem vom normalen Knochengehäuse vorgezeichneten festen Rahmen nicht genügend Platz gefunden und sich daher gefaltet haben.* —

Am Utriculus ist nur das abnorm, dass er sich etwas weit hinunter erstreckt und am obern Umfang des ovalen Fensters durch mehrere faden- und membranartige „Ligamente“ am Rahmen und selbst an der Stapesplatte fixiert ist. Die Form des Utriculus und der Bogengänge, sowie des Sacculus (soweit auch letzterer am Präparat noch erhalten ist) erscheint durchaus normal. — Dagegen findet sich, wie dies am Taubstummenohr auch von anderer Seite schon beobachtet worden ist, neben der Labyrinthveränderung eine Bildungsanomalie im Mittelohr. Dieselbe besteht hier erstens in einer Verbildung und Verdickung des Steigbügels und des langen Ambossschenkels und in einer derben Fixation dieser beiden am obern hintern Umfang der abnorm engen ovalen Fensternische; zweitens in einem Verschluss der runden Fensternische durch Fettgewebe. — Die Nervenbündel des Labyrinthes sind bis in die Vorhofnervenendungen und bis in die Spitze der Schneckenspindel hinein auffallend kräftig entwickelt. Die mikroskopische Struktur derselben wird aber gegen den Rand des knöchernen Spiralblattes unscharf; im Labium vestibulare finden sich keine normalen Nervenfasern mehr: die Ganglienzellen des Schneckennervs sind an Zahl zwar wenig verringert, haben aber meist zackige Form und sind auch noch in anderer Beziehung zum Teil atypisch gebaut.

Eine interessante Parallele zu dem letztbeschriebenen, in seiner Art einzigen Labyrinthbefund beim Menschen bildet derjenige des albinotischen Hundes und der albinotischen Katze, wie wir ihn kennen aus den etwas unvollkommenen Beschreibungen von *Rawitz* und den exakten Untersuchungen von *Alexander* und wonach es sich handelt um eine gänzliche Aufhebung des endolymphatischen Lumens in der Pars inferior (Schnecke, Ductus reuniens und Sacculus). Diese partielle Verödung des häutigen Labyrinthes wird verursacht in der Schnecke durch Herabsinken der Reissnerschen Membran, im Sacculus durch Collaps der freien Wand. Abgesehen davon, dass in unserm Falle der Collaps sich auf die Schnecke beschränkte, unterscheidet er sich von dem Rawitz-Alexanderschen Befunde auch dadurch, dass die Degeneration des Schneckenepithels bezüglich ihrer Intensität von der Basis gegen die Spitze zu sich steigert, während bei der albinotischen Katze das Umgekehrte der Fall ist.

Fragen wir zum Schlusse nach den letzten Ursachen solcher Collapszustände im Labyrinth, so dürften dieselben gefunden werden können in dem *räumlichen Missverhältnis zwischen einem primär zu gross angelegten Labyrinthbläschen und dem in normalen Grenzen sich haltenden knöchernen Gehäuse.* Die Verklebung der collabierten Wände bildet keine auffallende Erscheinung, da wir dieselbe auch unter normalen Umständen antreffen, nämlich bei der Bildung der Bogengänge: Dieselben entstehen dadurch, dass die primären Bogengangtaschen im Zentrum collabieren und verkleben, während die Randpartie ihr freies Lumen beibehält.

Interessant ist die Thatsache, dass in all den oben genannten sehr einlässlichen *Sektionsbefunden angeborener Taubheit*, wovon 8 das Gehörorgan des Menschen und mehrere das Säugetier (albinotische Katze, Tanzmäuse) betreffen, *durchweg der Utriculus mit den Bogengängen normal erscheint*[1]), ebenso regelmässig war in allen Fällen die *Papilla acustica* degeneriert; bezüglich des *Sacculus* varieren die Verhältnisse, indem beim angeboren tauben Menschen häufig, bei der tauben Tanzmaus und bei der tauben albinotischen Katze durchweg Sacculus-

---

[1] Nur in einem von *Katz* kurz beschriebenen Falle war auch das Ultriculusepithel verändert.

Veränderungen gefunden wurden. Wenn wir diese Verhältnisse an Hand der *von Goltz-Ewald*schen Anschauung über die statische Bedeutung der Vorhof-Labyrinthgebilde weiter verfolgen, so muss es als eine geradezu wichtige Ergänzung der Tierexperimente dieser Forscher bezeichnet werden, dass die klinische Erfahrung beim Menschen mit den obigen pathologisch-anatomischen Ergebnissen durchaus übereinstimmt. *Bezold* und sein Schüler *Wanner*[1]) fanden nämlich, dass bei den *angeboren* total Taubstummen durch den Drehversuch Schwindel und Nystagmus, wenn auch nicht durchweg, wie beim Normalhörenden, so doch viel regelmässiger ausgelöst werden können als bei denjenigen Taubstummen, die ihre Taubheit später d. h. während des extrauterinen Lebens erworben haben. *Wanner* geht also jedenfalls nicht zu weit, wenn er die Berechtigung zugiebt, in ätiologisch zweifelhaften Fällen aus dem Vorhandensein bezw. Fehlen dieser Erscheinungen auf die Zeit und Entstehungsart der Taubstummheit Schlüsse ziehen zu dürfen. — Zum nämlichen Resultate kamen — obwohl auf anderem Wege — *Alexander* und *Kreidl.* Indem dieselben die Zahlen von *Pollak* bezüglich der Regelmässigkeit des Eintritts von galvanischem Schwindel bei den Taubstummen einer genaueren Analyse unterzogen, fanden sie, dass von den später Ertaubten bloss $^3/_{10}$, von den angeborenen Tauben aber ca. $^6/_7$ auf den galvanischen. durch das Ohr geleiteten Strom normal reagierten.

---

[1]) *Wanner*: Über die Erscheinungen von Nystagmus bei Normalhörenden. Labyrinthlosen und Tauben. Habilitationsschrift München 1901. -

Jacobus Rosius
Philomathematicus
der mathematischer Künste besondere Liebhaber.

Einige biographische Notizen von

Prof. **Fritz Burckhardt.**

So weit und alt bekannt der Kalender des *Jacobus Rosius* ist, so wenig sind es die Lebensverhältnisse seines Autors. Zwei sorgfältige Sammler aller auffindbaren Notizen haben das dürftige Material zusammengestellt, um wenigstens ein annäherndes Bild des Mannes zu geben, nämlich:

Rudolf Wolf Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz. Bd. I, p. 119—132.

Joh. Heinrich Graf in der Schrift: Historischer Kalender oder der Hinkende Bot, seine Entstehung und Geschichte; ein Beitrag zur bernischen Buchdrucker- und Kalendergeschichte herausgegeben von der Stämpflischen Buchdruckerei. Bern 1896.

Obgleich ich nun die Absicht nicht habe, an diesem Orte eine neue Biographie von Jacobus Rosius zu schreiben, halte ich es doch für wünschenswert, einige noch nicht bekannte Notizen, die ich aufgefunden habe, mitzuteilen in der Meinung, dass jede neue Notiz um so wertvoller sei, je geringer der Bestand des Bekannten.

Während *R. Wolf* als erste sichere Nachricht die Verheiratung von *Rosius* mit *Küngolt Schneider* von Biell am 13. Mai 1622 bezeichnet und beiläufig die

Einzeichnung des Namens in ein der öffentlichen Bibliothek Basels gehörendes Buch (Jacobi Rosij 1621) erwähnt, das heute die Signatur K O XII. 12 trägt, erzählt *Graf*, dass ***Jacobus Rosius*** am 9. Juni 1621 in Biel als Lateinlehrer installiert worden sei; diese Anstellung bringt er in Verbindung mit einem dreimonatlichen Aufenthalt des Basler Pfarrers *J. J. Grasser* in Biel. Hiedurch veranlasst habe ich mich umgesehen, ob sich nicht in Basel weitere Spuren von *Rosius* auffinden lassen. Ich fand ihn wirklich in der Universitätsmatrikel im August 1620 unter dem Rektorate von *Joh. Rud. Burckhardt* eingeschrieben als: ***Jacobus Rosius Biberacensis Suevus***; im Rechnungsbuch der theologischen Fakultät ist der Empfang der Gebühr von 2 Schilling 6 Pf. bescheinigt.

R. Wolf schreibt: Leider gelang es mir nicht einen noch bei Lebzeiten von *Rosius* erschienenen Jahrgang (des Kalenders) aufzufinden, sondern der älteste Berner Rosiuskalender, welchen mir Herr Hauptmann *Scholl* in Biel verschaffen konnte, datiert von 1745.

Graf aber hat einen Kalender von 1650 gesehen, „gedruckt zu Baſel, in verlegung der Henric=Petriniſchen am Kornmarckt“, dabei ein Prognosticon symptomaticum gedruckt zu Baſel bei Hans Jacob Genath in Verlegung der Henric=Petriniſchen.

Das Basler Staatsarchiv enthält zwei von Einbanddecken abgenommene Blätter, die beide dem Rosiuskalender von 1641 angehören: Prognosticon symptomaticum, das iſt Eine außführliche Beſchreibung der vier Zeiten des Jahrs, ſo aus dem Geſtirn vnd der Planeten lauff hergenommen auf das Jahr nach der Gnadenreichen geburt vnſeres HErrn Jeſu Chriſti MDCXLI, geſtellt durch Jacobum Rosium, der mathematiſchen Künſten beſondern Liebhabern.

Ausser diesen beiden Blättern von Rosiuskalendern sind aber auf der öffentlichen Bibliothek in Ein Paket vereinigt solche von 1649. 1653. 1654. 1655. 1658. 1661. 1662. 1666. 1669. 1674. 1678. 1702.

Die 7 ersten (1649—1662) gehören nach der Handschrift der zahlreichen historischen, meteorologischen u. a. Notizen einem *Burckhardt* an, da er 1649 schreibt: Volgenden Donſtags den 12. hujus (Alt-April) iſt meines Bruders Hans Burckhardts Margrethli, welches ich in Gottes nahmen ahn ſtatt des Cathrinlins von Montbelgardt zu mir genommen, angetreten.

Der Art der Notizen nach war der Schreiber Geistlicher. Die folgenden Jahrgänge enthalten Notizen von anderer Hand und da des Schreibers Schwester am 21. Januar 1678 sich verheiratete mit dem ältesten Sohn des *Hans Rudolf Burckhardt* aus dem Würtembergerhof, so hat er selbst *Krug* geheissen und war ein Sohn des Bürgermeister *Krug* (wahrscheinlich *Hans Rudolf*).

Alle diese Kalender, von denen keiner noch das Bildnis des *Jacobus Rosius* enthält mit den klassischen Versen, sind ihrem Inhalt nach sehr übereinstimmend.

Es liegt nicht in meiner Absicht, sie näher zu beschreiben; auf dem ersten Blatt haben alle den Baselstab gehalten von zwei Basilisken; bisweilen schaut der Baselstab nach rechts, bisweilen nach links und die beiden Basilisken schauen ebenfalls nach rechts oder nach links oder einander entgegen. Ausser dem eigentlichen Kalendarium mit Sprüchen, Bauernregeln, Aderlassmännlein, Beschreibung der Jahreszeiten, der Finsternisse, Fruchtbarkeit, Krankheit, Krieg und Zwietracht, erscheinen auch die Jahrmärkte, und von 1674 an Hausarztneien und ergetzliche Geschichten. Meist schliesst ein lateinischer Spruch: Deo sit laus, Deo sit gloria, omnia ad majorem dei gloriam, Domine conserva nos.

Zur Zeit, da diese Kalender in Basel verkauft wurden, hat *Rosius* auch Konkurrenten gehabt; so finde ich auf der öffentlichen Bibliothek (ELXI. 1) einen dem Rosiuskalender ganz ähnlichen vom Jahre 1645: Alter vnd Newer Schreibkalender u. ſ. w. auf ein beſſere art alß bißhero geſchehen. Auff der Statt Baſel, Obern Elſaß, vnd vmbligende Landſchafft gemeine Gelegenheit geſtelt vnd calculiert, auff das Jahr vnſers Herrn Jeſu Chriſti Geburt MDCXLV durch Germanum Obermeyer, freyer Künſten vnd der Artzney Doctorem, der Mathematic vnd Aſtronomey Professorem zu Baſel.

Getruckt zu Baſel, in verlegung Ludwig Königs ſel. Erben.

In diesem Titel ist ein gewisser Grad von Geringschätzung enthalten, obgleich dieser Kalender in keiner Weise sich von denen von *Rosius* auszeichnet. Es spricht wohl daraus das Gefühl der Überlegenheit des Professors der Mathematik gegenüber dem Liebhaber der mathematischen Künste.

Auch ein anderer nicht ganz vollständiger Kalender der öffentlichen Bibliothek (EL XI. 3) zeigt Abweichungen vom Rosiuskalender und grosse Übereinstimmung mit ihm in andern Punkten.

Diese beiden und die genannten 7 ersten haben, wie früher bemerkt, derselben Person angehört.

Einen immerwährenden Kalender hat in Basel der Pfarrer *Joh. Georg Gross* im Jahre 1629 herausgegeben; er enthält im wesentlichen den Computus ecclesiasticus, die Oster- und Festrechnung:

Immerwährend — Jährlicher Kalender:

auff alle vnd jede Jahr geſtellt: alß lang die Welt, nach Gottes Willen, ſtehen wirt. Den jenigen erwünſcht vnd dienſtlich, welche allermeiſt auff die fürnehmſten vnd gewiſſeſten Jahrzeiten, achtung geben thünd. Sonderlich aber zu langwirigen Räiſen, vieljährigen Verzeichnuſſen, Memorialen, Schreibtafeln, Rechnungen vnd dergleichen ſachen ſehr nothwendig.

Getruckt zu Baſel, durch Joh. Jacob Genath 1629.

Es liessen sich noch verschiedene viel frühere Kalender, auch Nachdrucke nachweisen, indem in den Akten des Staatsarchivs Reklamationen aufbewahrt sind, von denen die eine vom *Kanton Appenzell* 1579:

Den frommen fürſichtigen Erſamen vnd wyſen Burgermeiſter vnnd Rath der Stadt Baſel, vnſern Innſonders guten fründen vnnd gethrüwenn lieben Eidgnoſſen (15. Oct. 1579).

Der Inhalt dieses Schreibens von Landtaman vnnd Rath zu Appenzell ist folgendermassen resümiert:

Die von Appetzel beſchweren ſich, daß das Gottshaus St. Gallen in einem von ihren Truckten Kalendern ihrem Wapen Bär, anſtatt er frey ſeyn ſollen ein Roth Halßband angelegt vnd gar zu einer Bärin gemacht, dies ſeye aber nun beigelegt worden. Indeſſen vernemmen ſie, daß Apiarius alhier gleiche Wapen vnd Calender trucken ließe, mit bitt das nötige vorzukehren.

Andere Reklamationen, auf die ich nicht näher eintrete, sind aus 1602 und 1608 verzeichnet.

Wann und wo hat *Rosius* seinen ersten Kalender herausgegeben?

Wolf und *Graf* führen die zweifellos richtige Thatsache an:

„Nach dem Berner Ratsmanual hat *Rosius* am 23. September 1625 für einen Ihro Gnaden dedicirten Kalender 6 Kronen erhalten. Wir dürfen somit annehmen, dass der bis auf gegenwärtige Zeit immer noch erscheinende Rosiuskalender *frühestens* auf 1626 zum ersten mal herausgegeben worden ist.“ (*Graf*, Historischer Kalender u. s. w., p. 18).

In Bezug auf den Druckort bezweifelt *Graf*, dass es Bern sei und hält für wahrscheinlich, dass *Rosius* seinen Kalender zuerst in Basel habe drucken lassen.

Das Nachfolgende wird den ersten Punkt bestätigen, vielleicht etwas modifizieren, den zweiten beweisen.

Die Akten eines Prozesses, in dem *Rosius* nicht in rosigstem Lichte erscheint, befinden sich im Staatsarchiv von Basel-Stadt und zwar in den Ratsprotokollen, in dem Urteilsbuche des Schultheissengerichts der mehreren Stadt und in einem Faszikel enthaltend Kalenderangelegenheit.

Die Akten alle abdrucken zu lassen, böte wegen der vielen Wiederholungen wenig Interesse, allein die dem Rate eingegebene Klageschrift, die die wesentlichen Punkte enthält, mag hier Platz finden:

Hans Cunrad Leopard, Buchhändler in Basel, schreibt an den Rat (verlesen am 9. Juli 1628).

Herr Burgermeiſter, Geſtreng, Edell, Ehrenveſt, Fromm, Vornehm, Fürſichtig, Ehrſam vnd Weiß, Genädig vnd gebietend Herren. Wiewoll Ich E. Gn. nicht gern bemühe, ſo zwingt mich doch die noth, denſelben vnderthänig clagend ahnzufügen, daß Ich mit Herrn Jacob Rosio, wölcher ſich nun zur Zeit zu Biell in Dienſten verhaltet, wegen ſeinen Calendern vor etwas Zeiten*) accordiret, vnd dahin verglichen, daß Er mir dieſelben alle, bis auf das 1629 Jahr inclusive, ſolle zukommen laſſen: Ich hab ihn auch derenwegen ſchon allbereit vor einem Jahr contentirt vnd befriedigt.

Nun hat er zwar vor einem Jahr mir ſeine beyden Calender, nämlichen für das 1628 vnd 1629 Jahr gelüffert: Er iſt aber in meinem abweſen wider in meinen Laden kommen, vnd hat den Calender auff das 1629 Jahr eigenes gewalts wider auß meinem Schreibtiſch genohmen, vnd ſowoll damahlen zu meiner Hausfrawen, allß auch hernacher in dem Würtshaus zum Raben allhir zu mir geſagt, Er müſſe etwas darin endern, wolle aber mir denſelben mit erſtem wider hieher ſchicken. Wölches Er aber nicht gethan, ſondern derenwegen mit Herrn Rudolf Fäeſchen den Jüngern gehandelt, vnd Ihme denſelben zugeſtelt, wölcher auch den bey Herren Johann Schrötern aufflegen vnd drucken laſſet. Ohnangeſehen Ich denſelben zum tritten mahl derenwegen ahngeredet, gewarnt vnd geſagt, daß er ſich mit demſelben nicht einlaſſen ſolle, denn der Calender ſtehe mir zu, vnd habe ich auch Herrn *Rosium* ſchon derfür befriedigt.

---

*) Am 2. September 1625.

Wiewoll nun Herr Fäeſch mir hierauff geantwortet, weilen es mit beſagtem Calender alſo beſchaffen, ſo wolle Er denſelben nicht ahnnehmen, ſondern Herrn *Rosio* widerumb zuſchicken: Nichts deſto weniger, vnd über die zum tritten mahl von mir gethane Warnung, hat doch Herr Fäeſch, zu meinem großen nachtheill, mercklichen ſchaden vnd ohngelegenheit, den Calender angenohmen, mir denſelben, vnd darmit ein guten theill meiner Nahrung, Handels vnd gewins entzogen, vnd laſſet den bey Herrn Schrötern trucken.

Wann aber, Gnädig gebietende Herren, weder allhie in einer loblichen Statt Baſell, noch in anderen wollbeſtelten Republicen vnd Gewerbſtätten, jemahlen zugeben worden, daß ein Handelsmann dem andern das ſeinige entziehen, demſelben hiedurch ſeinen Handel ſchwächen, vnd Ihme alſo ahn ſeiner Nahrung ein abbruch thun ſolle, wie aber mir jüngern angehenden Handelßmann vnd zwar wider beſchehene warnung, von Herrn Fäeſchen begegnet: Allß will ich verhoffen, vnd zugleich auch vnderthänigs beſtes fleißes gebetten haben, E. Gn. geruhen, beſagten Herrn Fäeſchen mit allem ernſt dahin gnädig ahnzuweiſen, daß Er entweders gedachten Calender ohn alle entgeltmuß mir wider einhändigen vnd zuſtellen ſolle, damit ich mich des Schadens, wölchen ich etliche Jahr hero mit Herrn *Rosii* Calendern, eher Ich dieſelben in einen ruff vnd gang gebracht, gelitten, wider umb etwas erholen könne: Oder aber, da er je dieſen Calender behalten, vnd auch auff die künfftigen Jahr Herrn *Rosii* Calender trucken laſſen wolte, daß er mir für meinen Schaden zweihundert gulden in barem gelt erlegen, vnd dann alle Jahr, ſo lang er dieſelben trucken wirt, mir ſo viell Calender, vnd zwar umb einen rechten billichen preis zukommen laſſen ſolle, alß Ich deren bedörffen werde, weilen mir dieſelben auch ſchon verſprochen geweſen, vnd mir nun durch Herrn Fäeſchen entzogen worden. Hieran geſchieht das Jenige, was den Rechten vnd der Billichkeit gemeß, vnd wirt mir ſolches mit meinem ohne das ſchuldigen burgerlichen gehorſam nach äußerſtem meinem Vermögen vmb E. Gn. wider zu beſchulden ſtehen.

Hiemit einer gnädigen willfährigen resolution mich getröſtend, will E. Gn. Ich mich vnd die meinen zu beharrlichen gnaden vnd gunſten vnderthäniges Fleißes woll empfohlen haben

Eurer Gnaden

Vnderthäniger gehorſamer Bürger

Hans Conrad Leopard,

Buchhändler.

Nachdem vom Rate die Entgegnung des Herrn Fäsch verlesen war, wurde beschlossen:

„daß ſie ſich in der güete zuſamen verfüegen vndt verglichen oder ans Recht gewiſen ſeyen.“

Eine Verständigung kam nicht zu stande.

Am 28. Juli 1628 erschien die Angelegenheit vor Gericht; auch von diesem ist erkannt worden:

Daß beyde Theil ſich aufs fürderlichſt in beyweſen fridliebender, ſchiedlicher vnd verſtehndiger Perſohnen in die güetigkheit verfüegen vnd ſehen ſollen, ob ſie ſich Ihres habenden ſtreits vnd geſpans halber mit einander vergleichen vnd vertragen können, vereinbaren ſie ſich, es dabey beſtehen, wo nicht, als dann Kleger, wann er die beklagte gewahrnet habe, erweiſen vnd auf ferner anrüeffen weiters, was recht ſeye, ergehen ſolle.

Auch diese Anordnung führte zu keiner Verständigung; die Sache kam wieder vor Gericht und nach langen Auseinandersetzungen beider Parteien wurde am Zeinſtag, den 19. August 1628 folgendes Urteil gefällt:

Daß die Herren Henricpetriniſchen Intereſſenten*), die beklagten, Herrn Leoparten, dem Kleger als erſter Keüffer gedachten auf das Jahr 1629 geſtellten Calenders, derſelben wegen einen willen ſchaffen, deßgleichen Ihme ſeine erlittenen billichen Gerichtskoſten abtragen, und ſinteinmahlen Herrn *Jacobus Rosius* ſolchen Calender allbereit Anno 1625 Leoparten verkhaufft vnd zwar vermög ſeiner Schreiben ab Ihme Leoparten, als ob derſelb Ihme nicht gehalten, ſich beſchwert: aber deßwegen den ordentlichen weg Rechtens nicht gebraucht, ſondern den Calender Ihm Leoparten eigens gewalts widerumben genommen, ſolchen ohngeachtet er des Leoparten, vnd alſo nicht mehr ſein *Rosii* geweſen, dennoht den Herrn Beklagten hiemit zweymahlen verkaufft, auch dadurch gröblichen verfählt habe, deßwegen er *Rosius* ſolches mit einer Marck Silber verbeſſern, vnd biß daſſelbige abgeſtattet ſeyn werde, dasjenige, welches die Beklagten hinder Ihnen haben, vnd Ihme *Rosio* zuſtehndig ſeye, demſelben nicht gevolgt werden: ſondern alhir verbleiben ſolle.

Leopart's Klage war also als berechtigt anerkannt; *Rosius* aber zahlte nicht, so dass die Angelegenheit noch am 18. Dezember 1633, am 27. März und am 19. Juni 1634 vor Gericht kam, wobei das ergangene Urteil bestätigt wurde; ob auch durchgeführt, vermag ich nicht zu sagen; um aber nicht ungerecht zu sein, wollen wir es annehmen; der Rat hätte sonst kaum am 12. August 1643 beschlossen:

Herrn *Rosio*, wegen dedicirter Calender ſollen 15 Rthl. verehrt werden.

---

*) (deren Vertreter Hr. Fäsch war.)

Da nun der Buchhändler *Leopard* mit *Rosius* im September 1625 einen Vertrag betreffend die Lieferung der folgenden Kalender abgeschlossen hat, und in der Klageschrift 1628 sagt, er habe am Verkauf der Rosiuskalender etliche Jahre lang Schaden erlitten, bis er ihn in Ruf und Gang gebracht habe, so folgt daraus mit Sicherheit, dass der erste Rosiuskalender nicht *frühestens*, sondern *spätestens* auf das Jahr 1626 erschienen sein muss, dass aber möglicherweise schon frühere Jahrgänge erschienen sind. Die ältesten Rosiuskalender sind also in Basel erschienen, der Verleger war *Hans Cunrad Leopard*, von 1629 an sind sie von den Henricpetrinischen Erben verlegt, wie denn auch noch der Kalender von 1649 angiebt: getruckt zu Baſel, in verlegung der Henric-Petriniſchen am Kornmarkt; die folgenden Kalender geben nur die Firma an, bei der der Kalender gedruckt worden ist, nur der von 1678 giebt an: Basel in Verlegung *Jacob Bertsche* vnd *Samuel Huss.*

Auch in späteren Jahren hat der Rosiuskalender Gelegenheit zu Prozessen gegeben.

Der berechtigte Verleger, *Jacob Bertsche,* klagt bei dem Rat gegen den Buchdrucker *Jacob Werenfels* (1681), dass dieser das Basler-Stadtwappen, den Baselstab und die dazu gehörigen Basilisken auch auf dem Titel seines Kalenders führe, so dass ihm mancher für den Kalender von *Rosius* kaufe, er aber Schaden leide; der Fürsprech des *Jacob Bertsche* erkläre dies „für einen Unehrbaren griff: Ja gar vnredlich ſtuckh.“

Nachdem der Beklagte viele Gründe zur Verteidigung angeführt, erscheint auch der folgende:

Es könnte auch daher ſein, daß ſein Calender in einen abgang kommen: vnd hingegen meine Calender geſucht werden möchten; weilen der meine am papier ſchöner vnd ſonſten lieblicher in die Augen fällt, auch *Rosii* letzte Arbeit von Aº 1681 ahn, biß auff 1700, da er in ſeinem alter ein Stückh gelt zu erhaſchen, geſtrudlet, den Erſten, da er fleißiger geweſen, nicht gleich Iſt. (Schreiben verlesen am 10. Aug. 1681).

In einem grössern Werke des *Rosius*, nämlich in der *Ephemeris perpetua*, deren Vorrede im Jahre 1628. Die S. Galli geschrieben ist, erscheint *Rosius* als *Notarius Caes. publicus*.

Wie ist er zu dieser Funktion gekommen?

Es erscheint mir als wahrscheinlich, dass der eingangs erwähnte Pfarrer *J. J. Grasser* seinen Schützling *Rosius* mit diesem Titel und den damit verbundenen Rechten versehen habe. Von *Grasser* berichten die Athenae rauricae zweierlei, nämlich:

Hic autem postquam d. 14. Dec. 1607 a. D. Fernando Amadi, Imperiali Commissario, singulari S. Caesareae Majestatis ordinatione, Sancti Palatii et Consistorii Imperialis Comitis, Equitis aurati et civis Romani privilegia et dignitates solenniter accepisset, per Venetias partem Germania transiit etc. etc.

Zu diesen Privilegien gehörte die Ernennung der Notare.

Ferners:

Petiit itaque a Magistratu facultatem, si occasio ferat, munus ecclesiasticum una cum juribus Comitis Palatini exercendi, quae ei haud difficulter fuit concessa, simul vero praeceptum, ut sese intra modestiae cancellos contineret.

Als sich aber die Vereinigung der kirchlichen und der pfalzgräflichen Funktionen als nicht passend erwiesen, worauf er durch den Antistes *J. J. Grynaeus* aufmerksam gemacht wurde, entschloss er sich keine andern Berechtigungen eines Pfalzgrafen auszuüben, als öffentliche Notare zu ernennen.

Endlich sei noch eine Bemerkung über das Bild von *Rosius* gestattet. Bis zum Jahre 1678 enthält der Kalender das Bild nicht; in dem Kalender von 1681, der Herrn *Prof. A. Riggenbach* gehört, ist es und zwar umschrieben *Jacobus Rosius Mathematicus*, obiit An. Christi MDCLXXVII Mens. August. Aetatis An LXXVIII. Somit fällt die Geburt des Rosius in das Jahr 1599, nicht wie *Wolf* und *Graf* angeben in das Jahr 1598.

Zur Geschichte der biologischen Systematik.

Von

Prof. Rud. Burckhardt.

> L'empirisme peut servir à accumuler les faits, mais il ne saurait jamais édifier la science. Cl. Bernard, de la phys. gén. 1872.

1. Der gegenwärtige Stand der zoologischen Geschichtsschreibung.

Alle wissenschaftlichen Darstellungen der Zoologiegeschichte schildern in erster Linie die Entwicklung der zoologischen Klassifikation als der eigentlichen Quintessenz unserer Wissenschaft. Daneben findet wohl auch die Geschichte zoologischer Beobachtung, der Tierbeschaffung und Tierzergliederung, nebensächliche Behandlung, aber beispielsweise schon für die Illustration in der Zoologie besitzen wir kein Seitenstück zu *Choulants* (14) Geschichte der anatomischen Abbildung. In neuerer Zeit ist auch die Geschichte des Darwinismus, meist in erweiterter Form als Geschichte der Entwicklungslehre zu einem Gegenstande der Bearbeitung gemacht worden, insbesondere sind hier die historischen Einleitungen der *Haeckel*schen Werke (26) und einer ausgedehnten, von ihm abhängigen Litteratur zu nennen. Doch verfolgt diese Richtung apologetische Zwecke und kommt daher als wissenschaftliche Geschichte nicht in Betracht. Im allgemeinen ist zu konstatieren, dass der gegenwärtige Betrieb der Zoologie ein eminent ungeschichtlicher ist und was gemeinhin das Prädikat historisch trägt, ist einfach Chronologie der Entdeckung oder Bearbeitung des Materials. Es ist in hohem Grade chararakteristisch, dass seit der 1872 erschienenen Geschichte der Zoologie von *J. V. Carus* (13) keine ähnliche Allgemeindarstellung erschienen ist, obschon sich vom Standpunkt der Kenntnisse, welche in den letzten dreissig Jahren errungen worden sind, das Bild der Geschichte unserer Wissenschaft vielfach erweitern und verschieben würde. Schon die Geschichtsbetrachtung der Zoologie selbst würde sich in dieser Periode wesentlich haben verändern müssen, denn noch bei *Carus* steht sie im Banne der zoologischen Systematik, bricht ab an der Schwelle der neuen Zeit, der entwicklungstheoretischen Periode, und auch der Abschnitt, welchen *Carus* der „historischen Zoologie“ widmet, beschränkt sich darauf, zoologiegeschichtliche Litteratur antiquarischen und exegetischen Charakters aufzuführen, während doch die Entwicklung der zoologischen Geschichtsschreibung viel mehr gesagt hätte.

Von dieser haben wir auch jetzt auszugehen, wenn wir uns ein Urteil über die Zoologiegeschichte bilden und unser nachfolgendes Beginnen begründen wollen.

Die Geschichtsschreibung der Zoologie nimmt ihren Anfang mit *A. v. Haller* (27), in dessen Bibliotheca anatomica 1774 das sechste Buch mit dem Titel Animalium incisiones auf 340 Seiten eine Chronologie der zootomischen Bestrebungen von *Aselli* bis auf *Valentin* und *Stahl* enthält, nachdem schon bei Besprechung der antiken Naturforscher auch deren zoologischer Bestrebungen gedacht worden ist. Als zweiter Zoologiehistoriker begegnet uns *Joh. Spix* (48). Er war angeregt von *Schelling*, „welcher wie Goethe die Poesie neu erschuf, die Philosophie den sophistischen Witzeleien und Schwärmereien unseres Jahrhunderts entriss und der Natur wieder anheim gab und welcher mir gleich im Anfang meiner medizinischen Laufbahn den unvergesslichen Rat erteilte: mich nicht sowohl an die Worte und gedruckten Schriften, als im Geiste eines *Swammerdam* an das offene Buch der Natur selbst zu halten und so in allem die Erfahrung selbst zu meiner Gefährtin zu machen.“ Ausgehend von der Idee, dass alles organische Leben sich aus gemeinsamer Wurzel entwickelt habe, fasste *Spix* auch die Geschichte seiner Wissenschaft als etwas organisch gewordenes auf. Von diesem Gesichtspunkt aus schildert er in grossen Zügen und mit philosophischer Kritik die Entwicklungsgeschichte der zoologischen Systematik von *Aristoteles* (2) bis auf seine Zeit und ist damit auch unübertroffen geblieben. Dass *Cuvier* (15) mit seiner Histoire des sciences naturelles (1841—45) die Geschichte der Zoologie und überhaupt der Naturwissenschaften einem grossartigen Rahmen einspannte und ein grundlegendes Geschichtswerk umfassender Art schuf, überrascht wohl nicht, wenn man weiss, welch erstaunliches Wissen ihm allezeit zu Gebote stand. An *Cuvier* lehnt *Is. Geoffroy St. Hilaire* (25) an, weniger mit der Absicht, eine Geschichte der Zoologie zu schreiben, als mit der, seine ausgedehnten historischen Kenntnisse einer im Sinne *Aug. Comtes* geschriebenen allgemeinen Naturgeschichte zur Verfügung zu stellen.

Mit diesen fünf Hauptwerken aber ist die allgemeine zoologiegeschichtliche Litteratur erschöpft und es ergiebt sich hieraus, dass die Mühe, die bisher auf die geistige Verarbeitung unserer Wissenschaft in dieser Richtung verwendet wurde, beinahe verschwindet, verglichen mit den Bemühungen um minutiöse Exaktität in zahllosen

Kleinigkeiten, verglichen auch mit der sorgfältigen Pflege historischer Studien über die Entwicklung anderer Wissenschaften, wie Physik oder Chemie. Aus der Entwicklung der zoologischen Geschichtsschreibung erklärt sich nun aber auch, warum für sie die zoologische Systematik so sehr im Vordergrunde stand. Denn zur Zeit des Entstehens der Zoologiegeschichte herrschte die Speciezoologie. Sie sah ihre logische Aufgabe in erster Linie in der Gruppierung der Individuen, Varietäten und Arten zu höheren systematischen Einheiten. Die Stoffmassen der Lebewelt drängten sich in Gestalt ganzer Wesen auf, die zivilamtlich geordnet sein wollten. Die Teile der Tiere kamen nur insofern in Betracht, als sie zu dieser Aufgabe herangezogen werden konnten. So wirkt denn *Linné* auch noch im heutigen Sprachgebrauch bei den Zoologen nach. Unter „Systematik“ wird immer noch nur die Ordnung der aus Individuen gebildeten höheren Gruppen verstanden.

Auf dieser Basis nun aber stand als erster Zoologiehistoriker *Haller*, für den die Pole, um die sich die Achse zoologischer Forschungen drehte, einerseits die *Linné*'sche Systematik war, anderseits die menschliche Anatomie und Physiologie und durch seinen Standpunkt war naturgemäss auch seine Geschichtsforschung bedingt. Wie sehr aber *Haller* damit massgebend blieb, geht daraus hervor, dass trotz allen Errungenschaften der Zootomie in den nachfolgenden sechs Dezennien *Cuvier* ihn beibehielt, ja noch verstärkte. Für ihn ist „die Zoologie gewissermassen nur ein Ausfluss der menschlichen Anatomie; denn das Studium der Tiere ist nur eine Wiederholung der Erforschung des menschlichen Körpers.“ Dreissig Jahre vor ihm stand der Naturphilosoph *Spix* mit seiner oben gekennzeichneten wissenschaftlichen Absicht bereits auf viel höherer Warte.

Carus lehnte sich bei Betonung des Standpunktes, den *Cuvier* eingenommen hatte, die Zoologiegeschichte der allgemeinen Kulturgeschichte einzugliedern, im Einzelnen stark an *Spix* an und schildert vorzugsweise die Geschichte des zoologischen Systems. Hierüber wesentlich hinauszugehen, hinderte ihn schon die bestimmte Absicht, die Periode der Entwicklungslehre nicht mehr anzuschneiden.

Somit hat die Geschichtsschreibung der Zoologie, ganz abgesehen von ihrer augenblicklichen Rückständigkeit, sich im allgemeinen wenig über den Standpunkt erhoben, der zur Zeit ihres Entstehens giltig war. Vollends heute ist sie und die empirische Zoologie auseinandergefallen und so verlohnt es sich ganz besonders, die Zoologiegeschichte nach denjenigen Erkenntnisgebieten hin zu erweitern, nach denen die Zoologie selbst ausgewachsen ist.

2. Die Erweiterung der Zoologie zur Biologie.

Die Zoologie hat sich nie ausschliesslich mit dem Studium der ganzen Wesen allein begnügt. Schon in ihren Anfängen bei *Aristoteles* (1. 2) tritt uns eine solche Fülle zootomischer Beobachtungen im Dienst der Ergründung von Verwandtschaftsbeziehungen entgegen, dass wir eigentlich annehmen müssen, eine wissenschaftliche Zoologie habe überhaupt erst mit der Tierzergliederung gedämmert. Schon dort wurde der Organismus in seine „ungleichartigen“ und „gleichartigen Teile“, die Organe und Gewebe zerlegt und die Eigentümlichkeiten der letzteren auf die Grundstoffe zurückgeführt. Der vollständige Ausbau der Zootomie gehört aber der Neuzeit an und konnte erst mit dem ganzen Apparat moderner Technik zu der ihn gegenwärtig bezeichnenden Vollkommenheit gedeihen. Ihr letztes Stadium war durch die

Zellenlehre gegeben und dass wir es noch nicht überwunden haben, beweist die Herrschaft, welche der Begriff der Zelle heute noch ausübt und der sich nur der des Speciesbegriffs im ausgehenden achtzehnten Jahrhunderts vergleichen lässt. Gewiss wird man noch zahlreiche und bedeutungsvolle Analogien im Leben der Zelle und dem der höheren Individualitätsstufen auffinden. Aber man wird auch einsehen, dass gewisse komplizierte Organisationsverhältnisse und Funktionen höherer Organismen nicht aus dem Leben der Zelle heraus interpretiert werden dürfen, wie heute vielfach angenommen wird. Denn die höheren Organismen sind nicht nur Konglomerate einer grössern Zellzahl; sie enthalten vielmehr wesentlich neues, das schon durch das Zustandekommen des Organismus aus Teilen von den Elementarorganismen verschieden ist und daher nicht aus unsern Beobachtungen an der Zelle konstruiert werden kann. Die Auffassung *Ehrenbergs* (18), der dem Infusor alle Organe höheren Wesens in nuce zuschrieb, hat ihre berechtigte Korrektur erfahren. Ebenso aber wird es auch denjenigen Ansichten ergehn, welche aus einer der *Ehrenberg*'schen entgegengesetzten Missdeutung entspringen und welche auf der falschen Generalisation zellulärer Erscheinungen beruhn.

Es ist nun aber einzusehn, dass da auf dem Wege der Zootomie tausende und aber tausende von Einzelbeobachtungen gemacht worden sind, auch die Systematisierung, die Ordnung dieser Thatsachen, nach denselben Prinzipien, wie bei den ganzen Individuen erfolgen muss. Nicht nur den Individuen kommt eine Klassifikation zu, auch ihren Teilen. Diese können wohl mit Rücksicht auf das zerlegte Individuum betrachtet werden, aber schon hiezu bedarf es bei komplizierteren Organismen einer Ordnung. Vollends, wenn wir die Teile, die sich bei verschiedenen Organismen entsprechen, mit einander vergleichen wollen. Auch hier ist der bestehende Sprachgebrauch bezeichnend: Wenn wir von „Organsystemen“ reden, so verstehen wir darunter Organverbände, denen eine gemeinsame Funktion oder Entstehung zu Grunde liegt. Logischer Weise sollte man aber meinen, es handle sich bei diesem Ausdruck um die Systeme, wonach die Organe zu verschiedenen Malen betrachtet worden sind. Man ersieht schon hieraus, dass das innere Bedürfnis, die Teile des Organismus nach denselben Prinzipien zu behandeln, noch hinter dem nach Systematik der ganzen Individuen zurücksteht.

Lehrreich hiefür ist auch die Thatsache, dass wir neben hunderten von Museen, die sich die Pflege der zoologischen Systematik angelegen sein lassen, fast nur ein einziges besitzen, in dem die Pflege der „vergleichenden Anatomie“ nicht nur typentheoretischen und didaktischen Zwecken huldigt, nämlich die Sammlung am Royal College of Surgeons in London. Dort allein wird für die Teile der Tiere dieselbe Vollständigkeit angestrebt, wie in so vielen Museen für die ganzen Organismen.

Wonach soll nun die Ordnung des zootomischen oder allgemein anatomischen Stoffes vollzogen werden? Zerlegung allein genügt nicht dem wissenschaftlichen Bedürfnis und abgesehen davon, dass die Zootomie in den Dienst der „zoologischen Systematik“ gestellt und auf die Gesamtwesen orientiert wurde, hat sie unter zwei andern Gesichtspunkten einen systematischen Aufbau erfahren, unter dem der Funktion als allgemeine Physiologie und unter dem der Entwicklung als „vergleichende Anatomie“ bezeichnet, in Wirklichkeit eine Phylogenie der Teile des Individuums bildend und als Ergänzung zu der über die Schranke des Individuums hinaufreichenden Phylogenie der einzelnen Lebewesen.

Daraus ergibt sich für uns die Aufgabe, die Zoologiegeschichte zunächst nach derjenigen Seite zu vervollständigen, nach der sich auf Grund der Zootomie die Physiologie und „vergleichende Anatomie“ herausgebildet haben. Zuvor jedoch haben wir erstens die logischen Beziehungen zwischen der Zootomie (allgemeine Anatomie) einerseits und diesen beiden Disziplinen anderseits zu erörtern und zweitens das Verhältnis von Physiologie und Phylogenie unter sich.

3. Die Logik der Biologie.

a) Die herrschende Systematik der biologischen Disziplinen.

Versuche zu neuer Klassifikation der biologischen Disziplinen haben bisher unverdient geringe Beachtung gefunden. Es ist auch unser Plan nicht, eine neue Klassifikation zu entwerfen; vielmehr nur in der nachfolgenden Tabelle darzustellen, wie sich die hauptsächlichsten und gebräuchlichsten Abteilungen der Biologie, wie sie heute nun einmal vorliegen und bezeichnet werden, logisch zu einander verhalten. Die Bezeichnungen der Disziplinen richten sich zunächst nach Material und Methode, sodann auch nach der geschichtlichen Tradition und es versteht sich von selbst, dass in einer vorwiegend empirischen Forschungsperiode die Bezeichnungen häufiger gebraucht werden, welche auf der Gliederung des Materials und auf Überlieferung beruhen. Auch haben sich zwischen den durch eine bestimmte Methode umschriebenen Disziplinen und den durch ein bestimmtes Material umschriebenen vielfach mehr oder weniger innige Beziehungen ergeben, die sogar zur Bildung „neuer“ Wissenschaften geführt haben, so ist z. B. die „Entwicklungsmechanik“ weiter nichts als die Anwendung der Physiologie auf die Embryologie zunächst.

dann aber auch in erweitertem Sinne auf organisches Wachstum überhaupt. Aber auch Scheidungen haben sich vollzogen. So hat die zoologische Systematik von jeher zwei Richtungen des Forschens in sich enthalten, entsprechend ihrem Prinzip: „genus proximum, differentia specifica“, nämlich eine analytische, auf Feststellund der Art abzielende, und eine synthetische, die Klassifikation bezweckende. Wir lassen hier und in den nachfolgenden Ausführungen Botanik und Pathologie aus dem Kreis unserer Betrachtungen.

Übersicht der zoologischen Disziplinen.

A. Nach der Methode:

1. *Analyse:* a) in Anwendung auf die *ganzen* Organismen: *Zoologische Systematik zum Teil.*
   b) in Anwendung auf die *Teile* der Organismen: *Zootomie* oder *allgemeine Anatomie.*
2. *Synthese:* a) nach dem Gesichtspunkt der *Funktion*: *Physiologie.*
   b) nach dem Gesichtspunkt der *Herkunft*: *Phylogenie*: angewandt 1. auf die *über* dem Individuum stehenden Einheiten: *Zoologische Systematik zum Teil.* 2. auf die *unter* dem Individuum stehenden Einheiten: *Vergleichende Anatomie* zum Teil.

B. Nach dem Material:

1. *Nach der durch Synthese gewonnenen zoologisch-systematischen Klassifikation*: (*Protozoenkunde* bis *Mammalogie*).
2. Nach den *zeitlichen* und *räumlichen* Umständen der Urkunden:

a) erwachsene Lebewesen der Gegenwart: *vergleichende Anatomie* zum Teil.
b) erwachsene Lebewesen der Vergangenheit: *Palaeontologie.*
c) in Entwicklung befindliche Wesen: *Embryologie.*
d) nach der räumlichen Verbreitung: *Tiergeographie.*

b. Die allgemeine Anatomie.

Die Anatomie ist die auf die konkrete Lebewelt angewandte analytische Methode („Analysis situs“ *Leibniz*). Die heute anwendbaren Hilfsmittel haben es uns leicht gemacht, in der Lösung dieser Aufgabe einen relativ hohen Grad zu erreichen. Eine vollständige anatomische Beschreibung, durchgeführt mit der zu späterer Verwendung im Dienste der Vergleichung nötigen Sorgfalt ist ein grosses Stück Arbeit, leider aber heute etwas in Misskredit gekommen, in Vergleich zu so vielen fragmentären Darstellungen, die nur das für eine bestimmte Frage nötigste erraffen. Würde man bedenken, wie viele Organismen auf Jahre hinaus nicht mehr gesammelt werden, wie viele auch für immer verschwinden, man würde wohl der rein deskriptiven Zootomie eine höhere Bedeutung zuschreiben, als dies gegenwärtig geschieht.

c. Physiologie und Phylogenie.

An und für sich hat keine durch Zergliederung gewonnene Thatsache ihre Bedeutung. Sie erhält sie erst dadurch, dass wir sie orientieren. Wie wir sie dem natürlichen Zusammenhang entheben und einzeln hinstellen, so haben wir sie wiederum in natürliche Verbindungen zu bringen. Entweder wir bringen sie, wie das mit Organen meist geschieht, in Verbindung mit der Klassifikation der Gesamtorganismen, oder wir reihen sie den Systemen der Physiologie oder der Phylogenie des einzelnen Teils ein. Auf alle Fälle hat dem durch Analyse geschaffenen Thatbestande eine Synthese zu folgen und zwar kann und muss jedes anatomische Faktum, abgesehen von seiner rein praktischen Verwendung im Dienste der Klassifikation der Gesamtorganismen, unter zweierlei in unsern Denkformen begründete Fragen genommen werden.

Die eine dieser beiden Fragen ist die nach der Funktion. Die Deutung, welche wir so einer Form geben, bleibt indess so lange eine Hypothese, als nicht durch Experiment oder Beobachtung eine Verifikation stattfindet. Jedenfalls ist das Endziel dieser Deutung, das Verhältnis zwischen Aussenwelt und Innenwelt des Organismus, zwischen Reiz und Reaktion festzustellen. Darin stimmen alle Physiologen bei sonst verschiedener Richtung überein. Es gibt keinen Thatbestand in der organischen Natur — und das gilt nun auch über die Teile des Individuums hinaus, für die grossen Organismenverbände und ihre Prozesse allgemeinster Art, — der sich nicht, wenn er überhaupt deutbar ist, physiologisch deuten liesse, auch wo die Kontrolle durch Experiment ausgeschlossen ist.

Die andere Frage ist die nach der Herkunft, nach der Geschichte eines durch Anatomie gewonnenen Organisationsverhältnisses, nach seiner Genese und zwar können wir uns nicht mehr vergegenwärtigen, dass irgend ein Organismus oder einer seiner Teile vorhanden sei, ohne eine lange Geschichte hinter sich zu haben. Ja es giebt auch keine Funktion, die sich nicht diesem Gesichtspunkt unterstellen liesse. Am lebhaftesten hat *Preyer* diesem Gedanken Ausdruck verliehen. Diese Betrachtungsweise bezeichnen wir bekanntlich als genetische oder nach ihrem Symbol des Stammbaums, die Phylogenie. Für sie existiert zur Anwendung des Experimentes keine

Möglichkeit. Doch wird ihr anscheinend weniger günstiges Verhältnis zur Realität der Natur durch etwas anderes ausgeglichen Die *Physiologie* kann experimentell nur mit der existierenden Lebewelt verfahren, also mit einem verschwindend kleinen Teil der Organismenwelt, die wirklich existiert hat und die wir teilweise kennen. Auch reisst der Faden unseres Einblicks in den Zusammenhang der Erscheinungen ab, sowie wir konstatiert haben, was für einen Reiz irgend eine Reaktion bei irgend einem Organismus entspricht. Die Ursache aber des Verhältnisses zwischen Reiz und Reaktion ist bisher nicht ergründet worden und wird niemals ergründet werden. Die *Phylogenie* anderseits hat mit der Organismenwelt, wenn auch nur in Bruchstücken, immerhin über eine bedeutendere Breite ihrer gegenwärtigen und ehemaligen Existenz an der Erdoberfläche zu thun. Dem Gedanken von der mechanischen Einheit der Aussenwelt, diesem Grundbegriff der Physiologie, setzt die Phylogenie die Thatsache der Vererbung, also die genetische Einheit mit gleicher logischer Berechtigung entgegen. Deshalb ist die Ansicht, dass die Physiologie wegen der experimentellen Methode logisch wertvoller, exakter, wissenschaftlicher sei, als die Phylogenie, eine Überschätzung, die nur geschichtlich zu begreifen ist.

Bei der Verschiedenheit, womit die organische Natur ihre Quellen der Forschung eröffnet, werden wir auch für die Anwendung der einen oder andern dieser Synthesen verschiedene Gelegenheit finden. Die niederen Organisationsstufen, also die unvollkommen differenzierten Lebewesen und die Zellen und Gewebe der höheren, besitzen eine grössere Anpassungsfähigkeit, sind folglich auch geeigneter, experimentelle Eingriffe zu ertragen, versprechen für physiologische Betrachtungsweise mehr Erfolg.

Die höheren Organisationsstufen, die Organe, Individuen und natürlichen Verwandtschaftskreise, besitzen eine geringere Anpassungsfähigkeit; ihre Reaktionen zerlegen sich ausserdem in kompliziertere Teilerscheinungen. Die Möglichkeit der mit ihnen in ihrer Gesamtheit anzustellenen Experimente ist gering im Vergleich zu den Möglichkeiten bei niedern Organisationsstufen. Schon die Lebensdauer der höheren Organisation erschwert den Versuch mit ihr. Die Physiologie hat sich daher auch immer mehr nach der Untersuchung der niederen Organisationsstufen gewandt und wird auch voraussichtlich diesen Kurs noch beibehalten, der ihrer natürlichen Entwicklung entspricht.

Die Phylogenie anderseits findet bei den niederen Organisationsstufen zwar leicht Gelegenheit zum Aneinanderreihen von Formen und sie hat hievon in ihrer Kinderzeit auch reichlich Gebrauch gemacht, bis man die Beliebigkeit dieser Zusammenstellungen einsah. Denn es existiert nicht die geringste Aussicht auf eine solche Vervollkommnung der erdgeschichtlichen Urkunden, dass wir jemals über den wirklichen Ablauf der Differenzierung niederer Pflanzen und Tiere oder deren Teile Auskunft erhalten werden. Dagegen hat sich die Zahl der Dokumente, welche den Ablauf der Stammesgeschichte bei den höheren Tieren darthun, dergestalt vermehrt, dass die Palaeontologie wohl reichlich die Hälfte der Argumente zur speziellen Stammesgeschichte der Wirbeltiere und ihrer Organe gegenwärtig liefert. Aber wie vom Standpunkt der Funktion aus jede höhere Organisationseinheit betrachtet werden kann, so kann auch jede Funktion auf ihre Entstehung hin untersucht werden. Es giebt zwar keinen Tierstamm, dessen Enstehung wir nicht durch natürliche Funktionen zu erklären hätten; ebensowenig aber gibt es eine Funktion, die nicht entstanden und von dem Entstehen ihres Substrates abhängig wäre. Nur fehlen uns dazu die Dokumente und wenn wir von den heute lebenden niederen Wesen aus argumentieren, arbeiten wir mit Hypothesen, die umso gewagter sind, je weiter die Entstehung einer Funktion zurückliegt und je geringer die Möglichkeit ist, dass wir jemals die Hypothese durch Auffindung realer Objekte verifizieren werden. Die Phylogenie hat sich daher naturgemäss nach der Seite der höheren Lebenseinheiten hin ausgebildet und wird ebenso wahrscheinlich, wie die Physiologie in entgegengesetzter Richtung, diesen Kurs vorläufig beibehalten.

Immerhin ist die Art, wie in zahlreichen theoretisch-biologischen Werken gegenwärtig die Phylogenie gering eingeschätzt wird, nicht in einer logischen Minderwertigkeit der Phylogenie selbst zu suchen, wie man solchen Urteilen zufolge, die übrigens nie geschichtlich begründet auftreten, meinen sollte. Sie hat vielmehr ihren Grund darin, dass die Physiologen die höheren Organismen wenig kennen und ohne weiteres nur noch die simpeln Mechanismen aus ihnen herauslesen, die so leicht an den niederen Stufen der Organisation festzustellen sind. (Vergl. pag. 393). Somit bringt es die natürliche Entwicklung der Biologie mit sich, dass beide Arten der Synthese auf verschiedenen Gebieten der Lebewelt verschiedene Anwendung finden, die Physiologie besonders auf die niedern, die Phylogenie vorwiegend auf die höheren Organisationen. Ausserdem kommen aber der Physiologie noch weitere Instanzen zu gute, die ihrer ganzen Entwicklung sowohl, als auch ihrem gegenwärtigen wissenschaftlichen Zustande für die Betrachtung der allgemeinen Anatomie ein Übergewicht über die Phylogenie verschaffen.

Einmal ist schon die Anzahl anatomischer Thatsachen, die sich mit Hinblick auf ihre Funktion deuten lassen, gross im Vergleich zu den phylogenetisch deutbaren. Die Frage nach der Funktion findet auch im naiven Empfinden des Menschen mehr Teilnahme, als die nach der Herkunft, schon um des praktischen Wertes willen, den wir an sie knüpfen. Der stärkste rein wissenschaftliche Grund aber für die Praevalenz der Physiologie ist ihr Anschluss an die exakten Naturwissenschaften, deren Durchführung auf dem organischen Gebiete sie mit Recht zu sein beansprucht. Alle diese Gründe sind zusammengekommen, ihr ein höheres Alter, tiefere Durchbildung und zahlreichere Arbeitskräfte zu sichern. Dies sind Umstände, die vom Standpunkt der reinen Logik aus nicht in Betracht kommen, wohl aber für den Einblick in die geschichtliche Bedingtheit der gegenwärtigen Konstellation.

Nehmen wir nun einmal an, es baue sowohl die Physiologie als auch die Phylogenie ihre Systeme aus, so fragt es sich weiter, wie beide Systeme sich zu einander verhalten werden. Die Palaeontologie hat uns gezeigt, dass aus den Landtieren, von den Reptilien bis zu den Säugetieren, wiederholt Wasserbewohner geworden sind. Neben Ichthyosaurus, dem klassischen Beispiel hiefür, sind eine ganze Reihe von Wasser-Reptilien bekannt, die wir auf landbewohnende Reptilien zurückzuführen haben, so die Plesiosaurier, Simaedosaurus, Anguisaurus, die Thalattosuchier und die Pythonomorphen. Innerhalb der Säuger sind es die Robben, die Meerkühe und die beiden Gruppen der Waltiere. An allen machen sich Organisationsveränderungen bemerkbar, die auf die Einwirkung des Mediumwechsels zurückzuführen sind, also auf einen direkten mechanischen Grund. Es kommen zum Teil so weitgehende Ähnlichkeiten zustande, dass man ja bis vor kurzem auf sie die Verwandtschaft zwischen Ichthyosauriern und Walen begründen wollte. Der Nachweis der funktionellen Einheit, nämlich der Einwirkung des Wasserlebens auf ein Landtier und alle daraus folgenden Konsequenzen hat der stammesgeschichtlichen Betrachtung des Phänomens nicht Eintrag gethan, sondern vielmehr erst die Bahn gewiesen. Die alte Auffassung, dass, wie die Fische den höheren Wirbeltieren vorangehen, wohl überhaupt Wassertiere den Landtieren vorangegangen seien, war in ganz unzulässiger Weise auf die Klassen der Wirbeltiere übertragen worden und so hatte man auch die Cetaceen an den Anfang der Säugetiere gestellt. Jetzt ist diese Auffassung als irrig erkannt und die Wasserreptilien und Wassersäugetiere werden als terminale, als Endformen aufgefasst, die auf mehr oder weniger bekannte Stämme von Landtieren zu beziehen und durch vielfach nachweisbare Zwischenglieder mit ihnen verbunden sind. Aus diesem Beispiel erhellt wohl zur Genüge, dass Phylogenie und Physiologie sich nicht nur nicht stören, sondern gegenseitig in ihren Zwecken fördern. Es kann diese Förderung sogar so weit gehen, dass in Fällen, wo die stammesgeschichtlichen Zwischenglieder fehlen, die physiologische Analogie sie zu ersetzen imstande ist. Als Beispiel hiefür seien die Riesenvögel der südlichen Hemisphäre angeführt. Nur für eine Vogelfamilie, die Rallen, können wir den Zusammenhang aberranter, flugloser Endformen mit ihren flugfähigen Stammformen nachweisen. Und doch können wir per analogiam für die sogenannten Ratiten oder Laufvögel nur annehmen, dass sie in gleicher Weise wie die fluglosen Riesenrallen aus flugfähigen Vogelfamilien entstanden seien. Anderseits ist die Zahl von Fällen übergross, wo physiologisch verbundene Thatsachen erst durch die Phylogenie ihre Erklärung finden.

Noch einen Schritt weiter und wir verstehen nun auch, dass, da das reale Objekt eines und dasselbe ist, ob wir es nach phylogenetischer oder physiologischer Richtung deuten, es nebensächlich wird, ob wir den einen oder den andern Weg der Deutung zuerst beschreiten und es ist somit nur von der Beschaffenheit der begleitenden Umstände einer Untersuchung abhängig, ob wir zweckmässiger die eine oder die andere Synthese zuerst vollziehen, ob wir von unserer Kenntnis der Aussenwelt und ihres Einflusses auf den Organismus ausgehn, oder ob von der Thatsache der Einheit aller Lebenserscheinungen auf Grund ihrer Entwickelung. In manchen Fällen werden wir nur die eine oder andere Deutung geben können; selten beide.

Üblich ist allerdings noch die Nebeneinanderstellung: Anatomie und Physiologie. Sie beruht auf der Antithese: Form und Funktion, einem der tiefst eingewurzelten und schon vom frühesten Unterricht an missbrauchtesten Scholasticismen. Die Form ist die Vorstellung der räumlichen Wirklichkeit. Auf ihr beruht die Möglichkeit einer doppelten Schlussfolgerung: Anfang — Ende, Geschichte — Funktion, Ursache — Zweck, Phylogenie — Physiologie. So wenig als irgend ein Naturforscher daran zweifelt, dass wir den Zweck irgend einer Organisation verstehn werden, es sei denn durch mechanistisch betrachtende Physiologie, ebenso wenig ist daran zu zweifeln, dass uns je eine andere Ursache der Organisation zugänglich sein wird, als die Entstehung der gesamten Lebewelt.

Nach dieser Feststellung der logischen Grundlagen der biologischen Systematik, wird es klar sein, dass die Systematik der Teile des Individuums eine der der gesamten Individuen durchaus ebenbürtige Aufgabe für unsere Wissenschaft ist. Auch dies würde man beim Studium theoretisch-biologischer Werke nicht glauben, die in dieser Hinsicht gewöhnlich bestenfalls an *Bichat* (5) anschliessen, wenn sie überhaupt darauf Wert legen, die obersten Kategorien der biologischen Logik darzustellen und gegen einander abzuwägen, was in der neueren Litteratur meist ganz unterbleibt. Woher dieser logische Sprung? Die „zoologische Systematik“ hat sich soeben zu mächtiger Höhe erhoben, indem sie sich aus einer rein logischen in eine genealogische umbildete, Naturgeschichte in des Wortes eigentlicher Bedeutung wurde, Stammesgeschichte und Verbreitungsgeschichte. Sie legt den höchsten Wert auf die grossen Kategorien des „Systems“ und auf die Einteilungsprinzipien. Nur ihrer Systembildung thut sie die Ehre geschichtlicher Darstellung und Begründung an. Und die Kehrseite: Trotz der Auflösung des Organismus in seine Teile und Teilchen, der Erschliessung einer noch grösseren Mannigfaltigkeit von Thatsachen, als sie die Individuen und ihre Verbände darboten, vernachlässigt die Zoologie die systematische Gruppierung dieser Thatsachen, unterschätzt das System, sobald es unter der Schwelle des Individuums seine Anwendung finden sollte, vergisst ihre Geschichte und ihre Werte.

Demnach erweitern wir die Zoologiegeschichte nach der Richtung der Physiologie und „vergleichenden Anatomie“ nicht nur, um sie selbst dadurch zu ergänzen, sondern es bedarf dieser Erweiterung auch im Dienste des logischen Ausbaues der biologischen Systematik. Denn zur Kritik der obersten Begriffe einer Wissenschaft gehört die historische Begründung und dem Naturforscher sollte die Analogie zwischen diesen obersten Begriffen und den elementarsten Teilen des Organismus am allerwenigsten fremd und eine blosse Metapher sein. Von einer durch Spezialforschung zu erzielenden Weiterbildung der biologischen Systematik erwarte man in dieser Hinsicht nichts; denn sonst würden wir nicht immer wieder das Schauspiel erleben, dass mit der Notwendigkeit eines Naturereignisses spezialistisch und philosophisch gerichtete Perioden sich ablösen.

Wir bemerken von vorneherein, dass wir uns in dem engen Rahmen, in den uns die Gelegenheit zwingt, nicht eine ausführliche Darstellung der hier entwickelten Absichten gestatten dürfen. Wir werden nur die Grundlinien in der geschichtlichen Entwicklung der physiologischen und „vergleichend - anatomischen" Systematik skizzieren, ihre gemeinsame Basis und ihre späteren gegenseitigen Beziehungen. Die Anwendung der dabei erworbenen Erfahrung auf die biologische Systematik der Gegenwart mag späteren Ausführungen vorbehalten bleiben.

Worauf wir den Hauptaccent verlegt wissen möchten, das ist der Zusammenhang der Systeme bei den hauptsächlichsten Autoren, insbesondere der grossen Kategorien und ihrer Einteilungsprinzipien. Ferner die Auffassung der Autoren vom Wert der Systeme im allgemeinen und endlich die auf die Autoren einwirkenden Einflüsse der materiellen und accidentiellen Umstände.

4. Das Verhältnis der Medizingeschichte zur Biologiegeschichte.

Wer sich gar nie mit Geschichte der Wissenschaften beschäftigt hat, wäre geneigt zu glauben, dass hier ein wohlgepflegtes Gebiet wissenschaftlicher Geschichtsforschung existiere, aus dem sich eine solche Geschichte eines einzelnen Problems leicht herausschälen lasse. Nur aus Verzweiflung, so sollte man glauben, sei das Spezialistentum darauf angewiesen, Flügelgeäder von Insekten und

Kieselpanzer von Diatomeen zu beschreiben, Achsencylinderquerschnitte zu zählen, endlose Darstellungen von Experimentreihen zu geben; man sollte meinen, es sei dies nun einmal das düstere Erbteil von uns Epigonen, da in den grossen Angelegenheiten „nichts mehr zu machen“ sei. Ein solcher Standpunkt verrät nur, dass das immense Gebiet der Wissenschaftsgeschichte nicht nur unbekannt ist, sowohl seinem gegenwärtigen Zustande, als auch seinen Zielen und Aufgaben nach, sondern, dass das Spezialistentum geradezu noch verhindert, dass wir von seinen Vertretern das philosophisch Interessante aus ihren Gebieten erfahren. Von der Geschichte der anorganischen Wissenschaften, der wir oberflächlicher Kenntnis nach eine sorgfältigere Durcharbeitung zutrauen, sei hier nicht die Rede, wohl aber von der Geschichte der Biologie, speziell der zoologischen. Ihren Zustand haben wir einleitungsweise charakterisiert; jetzt aber müssen wir anknüpfend an das dort Gesagte noch einen naheliegenden Einwurf erledigen, den man uns nach näherer Präzisierung der Fassung, die wir den Teilen unserer Wissenschaft gegeben haben, machen könnte. Man wird uns nämlich belehren, dass die Geschichte der Biologie und insbesondere der allgemeinen Anatomie und der auf ihr aufbauenden Physiologie und „vergleichenden Anatomie“ nach dem berühmten Muster *Hallers* auch bei spätern Medizinhistorikern berücksichtigt sei. Wenn dies auch für gewisse Gebiete aus der Geschichte der Biologie gilt, so ist aber einmal damit nicht gesagt, dass den Mediziner diejenigen Facta interessieren, die auch den philosophischen Biologen angehen, und zweitens, kann dasselbe Factum eine ganz verschiedene Deutung erfahren, je nachdem wir es medizin-historisch oder biologie-historisch deuten und verbinden. Es wäre undankbar und ungerecht, wollten wir nicht anerkennen, dass die Medizingeschichte dem Biologen auch in ihrer heutigen Form über die Geschichte seiner Wissenschaft viel Interessantes bietet. Aber man übersehe nicht die natürliche Trennung zwischen der Geschichte der medizinischen Praxis und der Geschichte der in mehr oder weniger engern Anschluss an medizinische Praxis entstandenen selbständigen Biologie. Dass es zweierlei sei, die Natur um der Praxis willen und sie um der „Weisheit" willen zu studieren, dafür war bereits unter den Hippokratikern das Bewusstsein lebendig und wir sollten uns heute bei der Geschichtsbetrachtung der Einsicht in diese Scheidung verschliessen? So besitzen wir denn also erst Geschichte der Medizinpraxis und dem entspricht auch der Zustand der Geschichte der Anatomie: Sie ist vorwiegend antiquarisch betriebene Sammlung menschlich-anatomischer Beobachtungen, ferner etwas Geschichte des anatomischen Unterrichts und der Kunstanatomie. Sie lässt uns im Stich für die Entwicklung der Ideengänge der allgemeinen Anatomie und deren Beziehungen zu denjenigen der Philosophie.

Die Nichtexistenz einer Physiologiegeschichte hat schon *Preyer* (42) ausdrücklich beklagt. So vortrefflich sein eigener Versuch war, diesem Übelstande durch eine frisch geschriebene Skizze abzuhelfen, so lässt sich doch ermessen, dass in ihr die wichtigsten Entdeckungen schon den meisten Raum einnahmen und dass bei ihrer Ausdehnung auf nur 37 kleine Seiten die Geschichte der physiologischen Systematik kurz wegkam.

5. Die Entwicklung der physiologischen Systematik.

Gemäss unsern Ausführungen über die Prävalenz der Physiologie (pag. 402) schicken wir die Entwicklung der Grundzüge des physiologischen Systems voraus. Hiebei ist zu beachten, dass im Anfangszustande der

Wissenschaft Physiologie und „vergleichende Anatomie“ sich inniger berührten, da ja die Thatsachen für beide Gedankenreihen näher beisammen und an Zahl relativ gering waren, da ferner für die Physiologie das Experiment nur in seinen einfachsten Formen vorhanden und der Anschluss an die medizinische Praxis in weit höherem Maasse gegeben war, als bei der spätern Entwicklung unserer Wissenschaften. Ferner existierte Systematik in Umfang und Inhalt des heutigen Begriffs noch nicht. Sie ist erst eine Schöpfung der Schola, der auch die freiesten Denker neuerer Zeit ihren Tribut entrichteten. Hat doch kein geringerer als *Hæckel*, insbesondere in seiner generellen Morphologie und seiner systematischen Phylogenie, durch virtuose Anwendung dieses logischen Instrumentes seine dauerndsten Erfolge erzielt.

Bei *Aristoteles* (1,2) durchdringen sich drei biologische Systeme, welche auch in der Konfiguration der heutigen biologischen Systematik sich erhalten haben. Einmal die Abstufung der gesamten Lebewesen, welche die Grundlage unserer heutigen Klassifikation bildet. Hierüber haben wir uns im Einzelnen nicht zu verbreiten, da diese Beziehungen ausser Diskussion und in den Geschichtswerken der Zoologie genügend gewürdigt sind. *Aristoteles* war nicht der erste Zootom, denn seine Einteilung der Teile der Tiere in gleichartige und ungleichartige hat er von *Anaragoras* übernommen. Aber bei ihm tritt uns zuerst die doppelte Orientierung der „vergleichenden Anatomie“ entgegen. Einmal benutzt er sie zur Herstellung seiner *γένη μέγιστα*, der grössten Tiergruppen, also genau so, wie sie heute noch dient. Ausser dem aristotelischen Tiersystem kommt aber auch ein anatomisches System zum Ausdruck, das dem System der Individualstufen *Hæckels* seinem Prinzip nach wenigstens gleicht: Der Organismus baut sich auf aus Elementen, Geweben, Organen. Zwischen die Lehre von den letzteren und die Schilderung des Gesamtorganismus schiebt sich — bezeichnend genug für das ästhetisch betrachtende Auge des Griechen — eine Proportionslehre ein.

Dann aber, und hierin zeigen sich die Anfänge einer wissenschaftlichen Synthese der zootomischen Thatsachen in physiologischer Richtung, konstatiert *Aristoteles* die Übereinstimmung gewisser Funktionen auf Grund ähnlicher Organisation. Er umschreibt die Aufgabe, die allen Lebewesen oder einem Teil derselben gemeinsamen Zustände festzustellen und kommt dadurch zu seinen biologischen Allgemeinbegriffen: Gemeinsam sind Pflanzen und Tieren die Funktion der Ernährung, den Tieren allein kommen zu Bewegung und Empfindung, dem Menschen endlich die Vernunft. Sein Prinzip „den Anfang damit zu machen, dass man zuerst die *Erscheinung* erfasse, dann aber erst ihre *Ursachen* angebe und über ihre *Entstehung* rede“, enthält die Grundlage aller biologischen Systematik, eine Grundlage, die unsern Begriffen Anatomie, Physiologie und Phylogenie entspricht. Das unumwunden anzuerkennen, sollten uns nicht die spätern Umdeutungen hindern, welche darin bestehen, dass die „Ursache“ auf Grund der modernen Mechanik in die Aussenwelt verlegt wurde und der Begriff der Entstehung auf Grund der Entwicklungslehre eine gewaltige Erweiterung erfuhr. Dass *Aristoteles* weit über alle seine speziellen physiologischen und anatomischen Kenntnisse hinaus diese Systematik begründete, ist ein seiner Begründung der zoologischen Systematik mindestens ebenbürtiges Verdienst.

Noch im Altertum trat dieser rein philosophisch gedachten und nur in der Tiergeschichte didaktischen Zwecken angepassten allgemeinen Anatomie eine solche an die Seite, die den Ursprung der Praxis anatomischen Unterrichts an der Stirn trägt, diejenige *Galens* (21). Sie hat sich auch mit wenigen Modifikationen nicht nur innerhalb ihrer Sphäre erhalten, wo sie schwerlich durch besseres zu ersetzen sein dürfte, sondern durch seltsamen Zufall ist es ihr auch jetzt noch möglich, die Grenzen ihrer Domäne zu überschreiten. In den Büchern de anatomicis administrationibus schuf *Galen* die Reihenfolge: Knochen, Bänder, Muskeln, Nerven, Gefässe, Eingeweide, Herz, Lungen, Gehirn, immerhin weit entfernt davon, dass er sie in klarer Aufeinanderfolge darböte. Diese Systematik hat die Folgezeit beherrscht und ragt noch tief in die Neuzeit hinein. Sie beruht darauf, dass das Skelett gewissermassen als das Unvergängliche, Starre nun einmal für den Unterricht die Grundlage bilden musste und dass zuerst die mit ihm in direkter Verbindung befindlichen Teile abgehandelt wurden. Erst dann folgten die Eingeweide im weiteren Sinne des Wortes. Schon hier aber war von jenem Gedanken, den Menschen unter denselben Gesichtspunkten zu betrachten, wie die übrige Welt, nichts mehr zu verspüren und wir würden schon oft Wiederholtes aussprechen, wollten wir nachweisen, wie stark diese praktische Auffassung menschlicher Anatomie *Galen* für das christliche Mittelalter prädestinierte. Auch in Bezug auf seine physiologische Systematik blieb er (20) weit hinter *Aristoteles* zurück und völlig im Banne der Praxis. Seine Unterscheidung der Hauptfunktionen in animalische, vitale und naturale und deren weitere Gliederung bezeichnet lediglich einen Rückschritt und ein Hindernis, das sich auch noch zu Beginn der Neuzeit dem aristotelischen System und seiner weiteren Entwicklung in den Weg stellte. Später hörte, wie bei *Ricardus Anglicus* (43) überhaupt jede Ordnung in der anatomischen Darstellung auf.

Es erscheint heute nicht leicht, den Restauratoren der Anatomie gerecht zu werden, wenn wir ihre Systeme mit dem *Galen*'schen vergleichen. Von den vorvesalischen Anatomen der Neuzeit ordnete noch *Guido* (45) seinen Text der Anatomie so: Kopf, Hals, Rücken, Arm, Brust, Bauch, Bein, also nach den äusserlich sichtbaren Regionen. *Mundinus* begann mit den Ventres: Bauchhöhle, Brusthöhle, Schädelhöhle und deren Inhalt und gieng alsdann zu den Extrema über, die er nach ihren Muskeln, Gefässen, Nerven und Knochen beschrieb. Dieselbe Systematik behält *Berengar* (11) bei. Sie trägt doch wenigstens den Stempel einer Ordnung, wenn auch einer rein praktischen, nämlich der Reihenfolge, in der die Leichenzergliederung vor sich ging.

Man wird auch dieser Systematik der vorvesalschen Anatomen nicht seine Anerkennung versagen wollen, wenn man in Rücksicht zieht, dass sie gewissermassen nur ein Begleitwort zur Sektion selbst bildete und falls sie nichts anderes zu sein beansprucht. Den Grundgedanken der Biologie wird natürlich mit ihr keineswegs entsprochen und deshalb durfte sie auch keine Anwendung finden auf nicht der Sektionspraxis dienende Anatomie. Deshalb mutet es uns sonderbar genug an, wo wir diesem System in Werken mit wissenschaftlichen Prätensionen später noch begegnen. So handelt *Th. Lauth* (34) in seiner Geschichte der Anatomie, dem umfangreichsten Werk dieser Art, das Gehirn bei den Eingeweiden ab und die Geschichte der Hirnforschung in der Geschichte der Splanchnologie, ein deutlicher Beweis, wie eine solche Schablone noch über Jahrhunderte hinaus fortwirkt!

Dem gegenüber kehrt *Vesal* (54) zu *Galen* zurück. Die Bücher seiner Fabrica tragen folgende Überschriften: I. Knochen, II. Ligamente und Muskeln, III. Nerven und Arterien, IV. Nerven, V. Ernährungsorgane und Genitalien, VI. Herz und Lunge, VII. Zentralnervensystem und Sinnesorgane.

Man hat wohl die vielen Unterschiede, welche *Vesal* von *Galen* trennen, mit Recht genügend hervorgehoben. Aber auch abgesehen von der Rückkehr zu *Galens* Systematik, hat *Vesal* an vielen und wesentlichen Punkten seinen Nachfolgern den Fortschritt von *Galen* und dem nächsten Augenschein zu neuen Verallgemeinerungen überlassen und, wenn auch seine Verdienste um die menschliche Anatomie kaum hoch genug anzuschlagen sind, so war es *Severino,* der die vergleichende Anatomie umgestaltete, *Eustachius*, *Aldrovandi* und *Coiter,* die die Embryologie begründeten, *Varolius* der die Sektionstechnik des Gehirns von Galen befreite und die Kenntnis dieses Organs um vieles mehr bereicherte als *Vesal.*

Während wir die Physiologie noch völlig im Dienste der Medizin auf Grund *Galens* und damaliger Schulen verankert finden und anderseits das praktische System Vesals die Schulanatomie beherrschte, bildete sich, scheinbar ganz spontan, bei *C. Varolius* (52) ein System der Anatomie aus, das geschichtlich überaus interessant ist.

In der methodischen Einleitung zu seinen vier Büchern Anatomie, die etwa um 1570 entstanden sein mögen, verweist er für die Kenntnis der Knochen, Membranen, Bänder, Knorpel, Gefässe und „solcher Art Teile, die nur der „Fachmann“ zu kennen braucht“, auf andere Werke. Ihm liegt vielmehr daran, das hervorzuheben, was den Seelenkräften als Werkzeug dient und den „Edelmann und Philosophen“ interessieren kann. Aus dem Prinzip des obersten Organs heraus soll die Notwendigkeit der andern schrittweise verständlich gemacht werden. Er handelt seine Anatomie nach folgenden Kategorien ab: I. Buch: Nervensystem, Sinnesorgane, Bewegungsapparat.

II. Buch: Lebenswärme und Herz. Respiration und Lunge. III. Buch: Digestion und Excretion. IV. Buch: Zeugung und Entwicklung.

Hiebei haben wir nicht seine einzelnen Kapitelüberschriften wiedergegeben, sondern uns begnügt, den Inhalt unter grössere heute geläufige Rubriken zu subsummieren.

Dieses System konnte nur von einem aus der aristotelischen Schule hervorgehenden Anatomen konzipiert werden; denn es gibt den Grundgedanken der aristotelischen Systematik, wenn auch in der durch das Mittelalter umgekehrten Reihenfolge wieder. *Varolius* will auch Philosoph sein, ja er ist als der erste Begründer einer bewussten „Anatomie philosophique“ der Neuzeit zu bezeichnen. So verlegt er denn den Hauptaccent auf den Menschen und deduziert von ihm aus alle die Funktionen allgemeinster Art, die das ausgehende Altertum als Frucht seiner Beobachtungen in ihn hineinverlegt hatte. Der einzige wesentliche Unterschied im Vergleich zu *Aristoteles* ist der, dass *Varolius* im Anschluss an *Galen* und die alexandrinische Schule und in Übereinstimmung mit seinem Zeitgenossen *Realdus Columbus* im Hirn und nicht im Herzen das Seelenorgan erblickt. Mit dieser Systematik der Anatomie trifft aber *Varolius* nicht allein den Menschen. Ebenso zutreffend hätte seine Einteilung an niederen Tieren abgeleitet werden können. Eben darum ist sie auch eine allgemein anatomische. Darin auch liegt der tiefgreifende Unterschied im Vergleich zu dem didaktischen Anatomiesystem von *Galen* und zu dem sektionstechnischen der Restauratoren. *Varolius* starb früh, seine wenigen ausgezeichneten Schriften wurden erst 1591 publiziert. Die folgenden Anatomen aber lehnten sich in ihren Systemen entweder an das der Restauratoren oder an das *Galens* an. *Severino's* (46) Schriften, welche ebenfalls aristotelische Grundlage verrieten, konnten, da sie erst 1645 zur Publikation gelangten, keinen Einfluss auf die Weiterbildung der anatomischen Systematik ausüben.

Einen solchen können wir erst da konstatieren, wo der Cartesianismus die Erbschaft von *Aristoteles* übernahm und auf ein erweitertes anatomisches Substrat fiel. In derselben Zeit da *Severinos* Zootomia Democritaea erschien, regte sich allerorts die Zootomie. Es ist die Periode der Akademiegründungen und der Tiergärten, voran stand Paris mit dem Jardin du Roy und den Anatomien der Tiere im Schosse der französischen Akademie, über die uns noch heute der später erschienene stattliche Band informiert (37). Die Seele der zootomischen Bestrebungen in Paris ist *Claude Perrault* (41), der Lionardo Frankreichs. Seine breiten Spezialkenntnisse in der Tierzergliederung fanden in der cartesianischen Philosophie ordnende Prinzipien. Unter allen menschlichen Kenntnissen ist die der Lebewesen die schönste. Die Funktionen, welche den Inhalt dieser Kenntnisse bilden, werden durch die Organe hervorgebracht. In diese erlangen wir durch Vergleichung mit Mechanismen einen Einblick. So empfindet *Perrault* und stellt sich daher die Aufgabe, die Prinzipien der Mechanik nicht nur durch die anorganische, sondern auch durch die organische Natur hindurchzudenken. Dabei gibt er für eine Menge von Einrichtungen des Tierkörpers die Erklärung ihrer Funktion in dem Umfange des heutigen Elementarunterrichtes in Zoologie. Als Einteilungsprinzip für die organische Mechanik verwendet er die Funktionen allgemeinster Art und kommt dabei, ob bewusst oder unbewusst ist nicht anzugeben, aber von andern Gesichtspunkten aus auf ähnlich grösste Kategorien wie *Aristoteles*. Gemeinsame Grundfunktion für

Pflanze und Tier ist der Stoffwechsel; den Tieren allein kommt zu Bewegung und Empfindung, also Kraftwechsel. Zeugung und Entwicklung lässt er als keinem Mechanismus vergleichbar noch aus dem Spiel. Sowohl die Wertschätzung *Perraults*, der die Kenntnis der Funktionen als den wesentlichen Inhalt der Naturkenntnis, wie auch die Meinung, dass die Organe nur um der Funktion willen da seien, folglich die Anatomie um der Physiologie willen, sind bis auf den heutigen Tag nachwirkende Cartesianismen, die sich durch die Jatromechanik bis in die gegenwärtige Physiologie hinein als Dogmen erhalten haben. Man würde also *Perrault* nach heutigem Sprachgebrauch als Schöpfer der „vergleichenden Physiologie“ bezeichnen.

Sein wissenschaftliches Postulat würde lauten: Erklärung des Organismus, seiner Funktionen und Formen durch die Aussenwelt; damit entspricht es vollauf den Prinzipien der physiologischen Synthesenbildung. Nun dachten aber seine Nachfolger aus dem Lager des französischen Materialismus diesen Gedanken weiter ins Molekularmechanische. Ganz besonders eigneten sich auch die Gebiete der Zeugung und Entwicklung, die *Perrault* aus dem Spiele gelassen hatte, hiefür. Ja noch bei *Buffon* (8), wo zum zweiten Male ein mächtiger Zuwachs an Tierkenntnis geschah, und durch ihn auf alle weitere Zukunft, kommen dieselben Gedankengänge zum Vorschein, die sich von 1640 an ausgebildet hatten. Wie uns *Bichat* selbst sagt, war es *Grimaud*, der Physiologe in Montpellier, welcher die Einteilung der Funktionen von *Aristoteles* und *Buffon* übernahm und weiterbildete, bevor *Bichat* mit der seinigen auftrat. Doch geht aus alledem nur hervor, dass die Auffassung der physiologischen Prinzipien *Claude Perraults* Gemeingut des französischen Cartesianismus, der aus ihm hervorgegangenen Schule von Montpellier und der Pariser Zoologie von *Buffon* bis *Bichat* wurde. Auch *Vicq d'Azyr* (53), der ein unausgebautes System der Funktionen hinterlassen hat, lehnt sich vorwiegend hier an, wenn auch bei ihm ein weiterer Faktor, dessen später zu gedenken sein wird, ins Spiel kommt. Schon war das aristotelische Funktionssystem gefährdet durch den Ausbau der Zoologie und der vergleichenden Anatomie in Paris, als auf Grund neuer, dem gesunden und kranken Menschen entnommener Erfahrungsthatsachen ein gewaltiges systematisches Talent, *Bichat* (5) es stützte und erweiterte. *Bichats* Einteilung der Funktionen und der Organe nach ihnen ist bekannt. Schon die Bezeichnungen vegetativ und animalisch gehn auf die aristotelische Definition der Pflanzen und Tiere nachweisbar zurück, auch wenn *Bichat* die vegetativen Funktionen als organische bezeichnet. Seine Einteilung der Verrichtungen lautet:

I. Verrichtungen, welche sich auf das Individuum beziehen:

1. *Verrichtungen des tierischen Lebens*:
    - A. Sensationen.
    - B. Hirnverrichtungen.
    - C. Bewegungen.
    - D. Stimme etc.
    - E. Fortpflanzung durch Nerven.
2. *Verrichtungen des organischen Lebens*:
    - A. Verdauung.
    - B. Atmung.
    - C. Kreislauf.
    - D. Aushauchung.
    - E. Einsaugung.
    - F. Absonderung.
    - G. Ernährung.
    - H. Wärmeerzeugung.

II. Verrichtungen, welche sich auf die Gattung beziehen: Zeugung etc.

Hiebei ist bereits ein Faktor im Spiel, den wir rückgreifend noch zur Sprache bringen müssen. Das ganze Jahrhundert hindurch hatte die Experimentalphysiologie, namentlich seit ihrem Ausbau durch *Haller* (28) mit steigender Macht sich zur Geltung gebracht. Sie musste auch in die Systeme einbrechen und wäre es nur gewesen, weil die zahlreichen Experimente erwähnt werden wollten und Kapitelüberschriften erforderten. So schon bei *Vicq d'Azyr*, so auch hier wiederum bei *Bichat*. Das System wurde dadurch entwertet, dass es unter den Einfluss der litterarischen Stoffverteilung geriet und zur Kapiteleinteilung herabsank. Etwas ähnliches liesse sich schon bei *Varolius* konstatieren. Von *Haller* an war es selbstverständlich. So sind denn auch bei *Bichat* Stimme und Nervenleitung den Sensationen, Hirnverrichtungen und Bewegungen coordiniert, statt in sie eingereiht zu werden. Noch stärker lockert sich das System der organischen Funktionen. Hier wie auch in andern Fragen der elementaren Auffassung der Biologie z. B. in der Verlegung des Schwergewichts von der Organologie in die Histologie brachte dieser impulsive, aber unausgereifte Genius Verschiebungen zustande, die seither unbesehen hingenommen wurden. „La vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort,“ lautet seine bekannte Definition; aber so sehr er bemüht war, dieses Ensemble zu betonen durch ein System der Funktionen, so hat er doch sich nicht ganz von dem äusseren Apparat zur Ergründung der Einzelheiten losgerungen.

Auch ein anderer Einfluss von aussen wirkte auf die physiologischen Systeme dieser und der nachfolgenden Zeit mächtig ein, das Erwachen der Chemie, welches insofern zur Rückkehr auf *Aristoteles* verführte, als man nun begann den Gedanken, dass die Gewebe aus Elementen zusammengesetzt seien, im Sinne der modernen Chemie zu interpretieren. Man suchte nach einer biologischen Einheit, da die *Haller*'sche Faser versagt hatte und fand sie nun im Stoff, lange bevor es dazu kam, dass man sie in der Zelle erkannte. So kam die Systematik von *Dumas* (17) zustande und auch *Joh. Müller* (39) ist von dem Eindruck der chemischen Entdeckungen so überwältigt, dass er seine Physiologie mit dem stofflichen Substrat beginnt; auch folgt ihm *Wundt* (57) unter Einbeziehung der Zellenlehre.

Das Gleichgewicht der physiologischen Systematik stellten erst *Bichats* Nachfolger wieder her: *Magendie* (35), *Richerand* (44) und *H. Milne-Edwards* (38).

Magendie möge hier selbst zu Worte kommen: „Ohne uns hier bei einer Aufzählung der verschiedenen zu verschiedenen Zeiten der Wissenschaft angenommenen Einteilungen aufzuhalten, wollen wir bemerken, dass man die Funktionen unterscheiden kann in solche, deren Zweck ist, uns in Verbindung mit den umgebenden Gegenständen zu setzen, in solche, welche die Ernährung und in solche, welche die Wiedererzeugung der Gattung bezwecken.

Wir werden die ersteren Beziehungsfunktionen (fonctions de relation), die zweiten Ernährungsfunktionen (fonctions nutritives) und die letzten Zeugungsfunktionen (fonctions génératrices) nennen.“

Richerand hatte das Verdienst, *Hallers* Gewebephysiologie nachdrücklich bekämpft zu haben, insbesondere die Lehre von der tierischen Faser, welche für den Physiologen dieselbe Bedeutung haben sollte, wie die Linie für den Geometer. Er opponiert auch gegen *Vicq d'Azyrs* Systematik, worin unter *Haller*'schem Einfluss

Irritabilität und Sensibilität als besondere Funktionen aufrückten. Nach einer Kritik der *Bichat*'schen Bezeichnungen organisch und animalisch, nimmt er die *Magendie*'schen Bezeichnungen an und diskutiert den Wert weiterer Gliederungen der Funktionen in geradezu klassischer Klarheit, wenn auch mit beinahe totaler Blindheit für die Genese der organischen Natur, für die Entwicklungsphilosophie, die damals in Deutschland bereits aus dem Stadium nüchterner Fruchtbarkeit herausgetreten und in eine Orgie ausgeartet war.

An *Magendie* und *Richerand* schloss sich direkt des ersteren Mitarbeiter und Schüler *H. Milne-Edwards* an. Ihm war allerdings *A. Dugès* (16) mit der Durchführung einer vergleichenden Physiologie, worin er die Ideen von *Bichat*, *Geoffroy* (24), *Cuvier* und der Metamerentheoretiker von Montpellier eklektisch verarbeitete, vorgeeilt. *Milne-Edwards* nun gestützt auf die umfassendsten Kenntnisse der Zootomie, die wohl je in einer Person sich vereinigten, ausgerüstet mit allen Hilfsmitteln und die gesamte Litteratur bis auf seine Zeit kritisch überblickend, schuf das grundlegende Werk der vergleichenden Physiologie und Anatomie, dem kein späteres an Breite des Erfahrungsmaterials und Sorgfalt der Auswahl und Darstellung an die Seite zu stellen ist. Auch darin gliederte er den Stoff nach den Prinzipien der physiologischen Systematik seiner Lehrer und Vorgänger, deren vorwiegend menschliche Physiologie er zu einer allgemeinen Physiologie erweiterte. Er bildet damit das Endglied in der langen Reihe physiologischer Systematiker, die wir bisher durchgangen haben. Einen Versuch in derselben Richtung, aber hinter *Milne-Edwards* weit zurückstehend, besitzt auch die deutsche Litteratur in dem Werke von *Bergmann* und *Leuckart* (58). Aber nicht *Milne-Edwards* ist für die nachfolgende Physiologie grundlegend geworden, sondern ein anderer Schüler *Magendies, Claude Bernard* (3. 4). Seine Anschauungen über allgemeine Physiologie sind von doppeltem Wert: einmal vermitteln sie uns, wie kein anderes Dokument, den Übergang von *Magendie* und der allgemeinen Physiologie zur modernen Experimentalphysiologie. Sie leiten hinüber zu den heute noch herrschenden Ansichten und schon darum sind sie typisch und der Beleuchtung wert. Sein allgemeinster von *Magendie* übernommener Grundbegriff der allgemeinen Physiologie hat noch eine doppelte Basis: Sie beruht darauf, im Organismus die vitale Eigenart und die mechanischen Eigentümlichkeiten der Aussenwelt, des Milieu zu studieren, unter deren Einfluss die Vitalität der Gewebe sich äussert. Noch in dieser Fassung ist herauszulesen, dass *Bernard* noch dem Organismus „vitale Eigenart" zuerkennt. Ein moderner Physiologe, der gleichzeitig auf dem Boden der Descendenztheorie steht, würde sagen, damit sei mehr ahnungsvoll als bestimmt die Anerkennung des im Organismus rein genetisch Gegebenen, der mechanischen Analyse unzugänglichen ausgedrückt. Coordiniert damit stellt er die physikalisch-chemische Eigenart der Aussenwelt hin, unter deren Einfluss die Vitalität sich äussert. (Der Zusatz: „der Gewebe" ist eine belanglose Konzession an *Bichat*). Er gibt noch zu, dass für eine Geschichte der Physiologie das Studium der ganzen menschlichen und tierischen Funktionen nötig wäre; er anerkennt die Thätigkeit anderer, namentlich von *Milne-Edwards* auf diesem Gebiete. Er beschränkt sich selbst auf Experimentalphysiologie, deren Einführung in Frankreich er als Hauptverdienst seines Lehrers *Magendie* preist. Man beachte die prinzipielle Anerkennung einer Biologie, die die „Vitalität", an deren Stelle wir die phylogenetische Bedingtheit setzen, zugibt, die ferner eine allgemeine Physiologie, also mechanistische Deutung der Lebenserscheinungen einräumt, und nur als Teil derselben, die Experimentalphysiologie. Die Beschränkung auf letztere geschieht im vollen Bewusstsein der Einseitigkeit, da diese im Interesse der Sicherheit liege. Aus dieser eingestandenen Not *Bernards* haben erst seine Nachtreter eine Tugend gemacht. Die vergleichende Physiologie, zunächst in *Milne-Edwards* akademisiert, wurde zurückgeschoben und schliesslich unbedeutend erfunden, die andere Hälfte der Biologie überhaupt eskamotiert. Das Endresultat ist die moderne Experimentalphysiologie, welche alle biologische Systematik zersetzte und für die der Organismus nur aus einer Summe von Reaktionsmechanismen besteht, ohne alle phylogenetische Bedingtheit, ohne Über- und Unterordnung der Funktionen. Damit war der Standpunkt erreicht, den die Lehrbücher von *Johannes Müller* (39) bis zur Gegenwart auch in Deutschland einnehmen. Der berühmte Berliner Physiologe selbst bezeichnet noch einen Durchgangspunkt, ähnlich wie *Claude Bernard*. Sein Erfahrungskreis war zu weit, als dass er die vergleichende Physiologie ignoriert hätte. Auch legt er dem Handbuch noch die *Bichat*'sche Formulierung des Systems zu Grunde. Er diskutiert noch die Einteilung (pag. 46) in die Grundfunktionen, aber nur, um sie als Ausfluss einer einzigen Vis essentialis zu erklären. Man ersieht daraus, dass in diesem Punkte der Vernachlässigung des Systems beide Richtungen, die experimentelle, der Mechanismus, und die spekulative, der Vitalismus einer Ansicht geworden sind. Eine neue Systematik ist in der Folgezeit nicht mehr zur allgemeiner Geltung gekommen. In demselben Umfange, wie etwa bei *Joh. Müller* lebte die alte fort, meist mit Modifikationen, die auf den Ausbau dieses oder jenes Gebietes in der einen und andern Schule zurückzuführen waren oder mit solchen, die von der Technik der Abfassung eines jeden Buches bedingt waren. *(Ludwig, Wagner, Budge, Hermann, Vierordt, Wundt, Bunge, Tigerstedt, Morat et Doyon, Schenk und Gürber, Steiner etc.)* Dabei ist bemerkenswert, dass zur Zeit der stärkst entwickelten Experimentalphysiologie die Physiologie der Zeugung und Entwicklung verkümmerte, um erst von Seiten der Botaniker und Zoologen mit grossem Erfolge gepflegt, wieder als Entwicklungsmechanik in der Physiologie selbst Eingang zu erhalten.

Die grossen Impulse, die *Hæckel* der biologischen Systematik gab, fanden eine intensive Resonanz in den Bestrebungen *W. Preyers* (42), welcher durch den Entwicklungsgedanken die in den vorangegangenen Dezennien einseitig experimentell ausgebildete Physiologie neu zu beleben suchte. Nach ihm hatte die Verdrängung des Vitalismus „eine starke Vernachlässigung allgemeiner historischer und zusammenfassender Untersuchungen im Gebiet der Physiologie zur Folge.“ Er empfand die damals herrschende Vernachlässigung der Zeugungs- und Entwicklungsphysiologie und suchte dem Bedürfnis nach einer menschlichen Psychogenese zu entsprechen. Eine mächtig anregende Wirkung ging von ihm aus, der Physiologie noch unbenutzte Hilfsquellen, wie die marine und die tropische Lebewelt dienstbar zu machen. Nach den französischen Physiologen vom Anfang des Jahrhunderts sprach er zuerst sich wieder in philosophischem Sinne über den Zusammenhang seines Faches mit andern aus, skizzierte auch Methode und Geschichte der Physiologie in leider nie mehr erweiterten Umrissen. So hat denn er auch sich zuerst wieder über die Grundfunktionen des Organismus Rechenschaft gegeben und ein System derselben entworfen, das eine glückliche Neuprägung des bisher befolgten vorstellt. Im Gegensatz zu *Bichat* nämlich stellt *Preyer* die Zeugungsfunktion nicht ausserhalb derjenigen des Individuums und hebt das für die grossen Funktionskategorien typische logische Element hervor. Er bezeichnet die nutritiven Funktionen als Stoffwechsel, die relativen als Kraftwechsel und die generativen als Formwechsel und führt hiemit die Grundfunktionen auch auf Grundformen des menschlichen Denkens zurück. Für die speziellen Ausführungen sei auf das kleine Buch *Preyers* selbst hingewiesen, das eine Fülle von Ansätzen zur weiteren Gestaltung der physiologischen Systematik enthält.

In ausführlicherer Form und Ausdehnung bringt *Preyers* Anschauungen zur Geltung die Allgemeine Physiologie von *M. Verworn* (53). Während *Preyer* die Physiologie richtig definierte, greift *Verworn* wie *Burdach* (10) und *Dumas* über das Gebiet der Funktionslehre hinaus und will mit der Physiologie die gesamte Biologie umspannen.

6. Die „vergleichend-anatomischen“ Systeme.

Wenn wir nun entsprechend der Entwicklung der physiologischen Systeme auch die „vergleichend-anatomischen“ durchgehn, so ist zuerst an die Restriktion zu erinnern, die wir uns von vornherein auferlegt haben. Die grosse und handgreifliche Entwicklung der Phylogenie der Individuen und der höheren Kategorien, und ihre Herausbildung aus der zoologischen Systematik setzen wir als bekannt voraus, da sie ja den Hauptinhalt der Zoologiegeschichte ausmacht. Nur fragmentär dagegen ist die Geschichte der „vergleichenden Anatomie“ der Organe und Gewebe bekannt. Ein einziger Versuch einer Geschichte der vergleichenden Anatomie, in seiner methodischen Signatur am meisten an *Spix* erinnernd, existiert aus der Feder *Oscar Schmidts* (47) und dieser ist auch bei zahlreichen Fehlern im Einzelnen, was Kritik und Verarbeitung betrifft, ein so glücklicher Wurf, dass wir das Unterbleiben des beabsichtigten weiteren Ausbaues nur lebhaft bedauern müssen. „Von den Universitätsjahren her, so sagt das Vorwort, hatte ich in *Cuvier* den eigentlichen Schöpfer der vergleichenden Anatomie verehrt, zwar in mancherlei Lehr- und Handbüchern von den früheren Anfängen dieser Wissenschaft gelesen, ohne irgendwo zu finden, wie denn diese Anfänge beschaffen gewesen seien, und mit welchem Rechte man das wahre Leben der vergleichenden Anatomie als ein so junges betrachtet. Als ich nun vor einigen Jahren *Goethes* naturwissenschaftliche Arbeiten verfolgte, und von ihm auch auf *P. Camper* und andere Zeitgenossen geführt worden war, gab es sich von selbst, dass ich weiter und weiter rückwärts tastete und mir aus der Lektüre der Originalwerke die Geschichte der vergleichenden Anatomie zurecht legte," . . . „wird meine Arbeit der Erinnerung fähig, ja bedürftig sein. Es soll mich freuen, wenn ich zu künftigen gründlicheren und umfangreicheren Untersuchungen in diesem Gebiete den Anstoss und die Grundlage gegeben habe." So sprach ein hochverehrter Lehrer der uns vorangehenden Generation im Jahre 1855, ein Forscher, dem niemand bestreiten wird, dass er auf der Höhe der Empirie seiner Zeit gestanden habe und der ausserdem in der bekannten Auseinandersetzung mit *Eduard von Hartmanns* (29) Wahrheit und Irrtum im Darwinismus als typischer Materialist das kritische Sprachrohr der deutschen Physiologie gewesen war. Und doch, was ist bezeichnender: dass er noch Musse und Lust hatte, *Cuvier* zu lesen und von ihm rückwärts zu schauen bis zum Beginn zur Neuzeit und dadurch seiner wissenschaftlichen Person das Recht einer historisch fundierten Kritik zu sichern oder: dass seine berechtigte Zuversicht, grundlegend und anregend zu wirken, einer nachfolgenden Generation keinen Eindruck machte oder trotz dem geschätzten Namen ihres Urhebers überhaupt entging?

Oscar Schmidts Darstellung fehlt vor allem das eine, nämlich die Beziehung auf *Aristoteles* und folglich auch der Einblick in den Zusammenhang der verschiedenen biologischen Systeme. Weniger hoch würden wir anschlagen, dass die ganze von ihm entworfene Skizze nicht der philosophischen und medizinischen Bedingtheit der vergleichenden Anatomie ganz gerecht wird. Ihn ehrt vor allem die Gesinnung aus der sie entsprang.

Unsern Faden selbst wieder aufnehmend, müssen wir konstatieren, dass die „vergleichende Anatomie“ aus verschiedenen Rinnsalen zusammenfloss. Die erste und hauptsächliche Richtung ist durch den Anschluss an die zoologische Systematik gegeben. Die äussern Merkmale genügten nicht mehr zur Unterscheidung der Arten, daher suchte man nach innern. Zweitens wäre diejenige praktische Richtung zu nennen, welche einfach im Anschluss an den Menschen sich ausbildete, wobei für die rein wissenschaftliche Betrachtung gleichgültig ist, ob wie bei *Galen* Affen und Haustiere zur Feststellung anatomischer Befunde verwertet wurden, oder ob dies geschah, weil die Tiere leichter experimentell zugänglich waren, wie für die Physiologen. Beides führte zur Feststellung von Übereinstimmung und Verschiedenheit, jedenfalls zur Kenntnis des Baues, auch wo sie sich nicht in den Dienst des zoologischen Systems stellte; beides auch in erster Linie zur Erforschung von Organen und Geweben. Im allgemeinen lässt sich wenigstens das sagen, dass je tiefer die Stufen der Individualität waren, auf die man hinabstieg, umso weniger günstig für die „vergleichende Anatomie,“ die vollends seit der

Zellenlehre und der Erweiterung der Verkehrsbedingungen immer mehr zur Hilfswissenschaft der Physiologie einerseits und der zoologischen Systematik und Tiergeographie anderseits wurde. Ebenso wenig förderlich wirkte auf sie das Emporkommen der Embryologie ein, die vielfach geradezu als Surrogat und namentlich für Unterrichtszwecke herhalten musste. So ist denn das geschichtliche Bild der vergleichenden Anatomie und späteren Phylogenie der Organe ein zerrissenes, abhängiges und wechselvolles. Schon um einen sicheren Anhaltspunkt für eine historische Beurteilung dieses Faches zu gewinnen und um wenigstens das konstanteste an der „vergleichenden Anatomie“ hervorzuheben, müssen wir daher nach der obersten Systematik der verschiedenen Autoren fragen.

Severino muss noch das Unterfangen der Zootomie mit sehr praktischen Rücksichten decken. Seine oberste Einteilung richtet sich nach den Tiergruppen und steigt von den Säugetieren abwärts, nach *Aristoteles*. Ebenso auch bei allen älteren Zootomen, unter denen namentlich *G. Blasius* (6) und *Valentin* (51) zu verzeichnen sind, später *Buffon* und *Daubenton*. Geradezu chaotisch ist die vergleichende Anatomie von *Blumenbach* (7) angeordnet. Einer der ersten, der bei gewaltiger Ausbreitung anatomischer Kenntnis zum System von *Aristoteles* und *Perrault* griff, war *John Hunter* (31), der Begründer der klassischen vergleichend-anatomischen Sammlung in London. Er legte der Klassifikation der Organsysteme die Funktionen zu Grunde und teilte sie in solche zur Erhaltung des Individuums und solcher zur Erhaltung der Art ein; die ersteren wiederum in die Assimilations- und Relationssysteme. Es ist gewiss sonderbar, dass nicht einmal seine Nachfolger am Royal College of Surgeons, *Owen* (40) und *Flower* (19) dieses Verdienst zu würdigen wussten. Durch Adoption des mechanistischen französischen Systems berührte sich *Hunter* völlig mit dem bedeutend jüngeren *Bichat*. Der Durchbruch einer entwicklungsgeschichtlichen Auffassung der zoologischen Systematik, der sich in Deutschland von *Herder* (30) durch *Goethe* bis in die Naturphilosophie hinein immer bewusster vollzog, die Umwandlung der logischen in die genealogische Betrachtung der Tiergruppen konnte nicht ohne Rückwirkung auf die Phylogenie der Organsysteme bleiben, aber noch immer blieb die Phylogenie der Organsysteme der der Individuen untergeordnet. Und noch nicht einmal heute wird die Selbständigkeit dieser Aufgabe allgemein verstanden und zugegeben.

Verfolgen wir zunächst den weitern Verlauf der vergleichenden Anatomie in Frankreich. Durch *Perrault* und *Buffon* (8) war sie in den Dienst der Physiologie und der Kosmologie gestellt. Das allein macht verständlich, warum *Lamark* (33) so revolutionär erschien, warum *Etienne Geoffroy St. Hilaire* (24) mit seiner phylogenetischen Auffassung des Skeletts und *Gall* (22) mit seiner ebenfalls neuen genetischen Darstellung des Nervensystems auf den heftigsten Widerstand stiessen. Sie fielen bereits in die Zeit der durch *Bichat* hervorgerufenen Verschiebung der allgemeinen Anatomie nach der Seite der Physiologie einerseits und der Herrschaft *Cuviers* anderseits. Das Verhältnis *Cuviers* (60) aber zu der Systematik der vergleichenden Anatomie wird nur verständlich, wenn wir in seine Bedingungen hineinblicken. *Cuvier* mit seiner deutschen Schulung war nicht im Glauben der französischen Aufklärung aufgewachsen. Die materialistische Auffassung *Buffons* von der Organisation lag ihm fern. Bei der gewaltigen Arbeit, die er in der Reformation der zoologischen Systematik vor sich sah, hatte ihm die Zootomie nichts anderes zu bieten als Hilfsmittel für das zoologische System. Als oberstes betrachtete er bekanntlich, bereits von den Vorboten der deutschen Naturphilosophie angehaucht, das Nervensystem und dessen Lage im Körper. Dazu kommt als weitere Instanz für seine allgemeinen Anschauungen in Betracht, dass er in den „Ossemens fossiles“ den Grund zur vergleichenden Anatomie der ausgestorbenen Tiere legte. Wie nebelhaft mussten ihm die Spekulationen *Geoffroys* erscheinen, angesichts dem Zuwachs an wirklichen Objekten, den er der vergleichenden Osteologie beizufügen hatte! Und die vergleichende Osteologie, also bereichert, wurde durch ihn geradezu zur vergleichenden Anatomie par excellence; denn die damaligen zusammenhanglosen und bestenfalls im Dienste der physiologischen Betrachtung errafften Kenntnisse über die vergleichende Anatomie der Weichteile schrumpften an wissenschaftlichem Wert neben dieser Erweiterung der Osteologie erbärmlich zusammen. Die Folgen dieser Bedingungen liegen denn auch auf der Hand: *Cuvier* acceptierte nicht das mechanistische französische System der Funktionen und folglich auch der ihnen dienenden Organe, sondern er ordnete seine Erfahrungen dem zoologischen System ein, dasselbe damit neu gestaltend, und griff für die vergleichende Anatomie auf das *Galen-Vesal*'sche System zurück. Hatten jene, weil das Skelett das zweckmässigste und leichtest konservierbare Studiums- und Unterrichtsmittel war, es an die Spitze gestellt, so empfahl sich diese Einteilung umso mehr infolge der Umgestaltung der vergleichenden Osteologie durch die Paläontologie. Nach dem von *Cuvier* und zwar aus seinen spätern Jahren stammenden Ausspruch, den wir p. 391 zitiert haben, wird man einsehn, dass ihm dieses Vorgehn keine Skrupel bereiten konnte. Es charakterisiert seinen exklusiven Teleologismus, dass er der biologischen Mechanistik seiner zweiten Heimat so wenig Wert beizulegen imstande war und an ihrer Stelle ruhig das weniger wissenschaftliche *Galen*'sche System adoptierte. Und nun geschah das Sonderbare, dass nach *Cuviers* Tode auch sein vergleichend-anatomisches System in Frankreich von der Bildfläche verschwand und dem nicht an praktische Rücksichten geknüpften System der Physiologen Platz machte, die die Organanatomie vollständig in ihren Bannkreis zwangen, sofern sie nicht anderseits in den Dienst der zoologischen Systematik gezogen wurde. Dadurch wurde auch die Phylogenie der Organe als selbständige Aufgabe in Frankreich vollständig unterdrückt und es bedurfte später gerade noch der Infektion der Naturforscher durch den Positivismus, um jedes Sensorium für sie im Keime zu ersticken. In *H. Milne-Edwards* mündeten gleichzeitig mit der Physiologie die wenigen Ansätze zur Phylogenie. Weit mächtiger war die Einwirkung der *Cuvier*'schen Systematik ausserhalb Frankreichs. In England wurde sie von *Owen* (40) anstatt der *Hunter*'schen übernommen und auch sein Antipode *Huxley* (32) entzog sich ihr nicht, obwohl er ein aus ihr und der zoologischen Systematik gemischtes System anwandte. Stärker wirkte *Cuvier* auch auf sein eigentliches Vaterland zurück. Hier schloss sich in dem grundlegenden Sammelwerk für vergleichende Anatomie *J. F. Meckel* (36) ihm an, später ohne alle nähere Begründung und zweifellos nur unter dem Eindruck einer festen Tradition *H. Stannius* (49) und in neuerer Zeit *C. Gegenbaur* (23) und *R. Wiedersheim* (56). *Joh. Müller* hat uns keine vergleichende Anatomie hinterlassen. Aber die Anlage der Myxinoiden-Monographie lässt vermuten, dass diese Festsetzung des *Cuvier*'schen Systems in Deutschland von ihm herrührt. Es würde wohl auch nicht schwer halten, aus Kollegienheften seiner Schüler nachzuweisen, dass er für die „vergleichende Anatomie“ dem *Galen-Cuvier*'schen System folgte. Bei ihm kann dies auf zwei Wurzeln zurückgehn. Entweder er that es aus Hochachtung vor der empirischen Basis *Cuviers*, oder aber im Anschluss an die Schule, aus der er selbst hervorgegangen war, an die Naturphilosophie. In ihr finden wir neben Einwirkungen der französischen Physiologie andere Gesichtspunkte die Systematik beherrschen. *Goethe* und *Oken* schrieben in Zusammenhang mit der Wirbeltheorie des Schädels, der Osteologie eine ganz besonders geheimnisvolle Bedeutung zu, als dem obersten und dem Seelen- und Vernunftorgan zunächst stehenden Teil des Skeletts. Andere wiederum stellten das Gehirn an die Spitze ihrer Betrachtungen und der Ausspruch *Burdachs* (19): „Die Physiologie des Hauptes ist das Haupt der Physiologie“ führt uns mitten in diesen Vorstellungskreis, dem auch in Verbindung mit der *Bichat*'schen Systematik die Systematik von *C. G. Carus* (12) entsprang.

Wir haben dieser Reihe der „vergleichend-anatomischen“ Systeme nur noch ein kurzes Wort beizufügen, das dem Einfluss der Entwicklungstheorie und der Embryologie gilt. Die Entwicklungstheorie ist ohne alle Wirkung auf die grossen Abteilungen der „vergleichend-anatomischen“ Systematik geblieben. Einmal, weil die „vergleichend-anatomische“ Untersuchung in den Dienst der Stammesgeschichte der Individuen trat und ihre Orientierung folglich von der Phylogenie der ganzen Lebewesen erhielt. Zweitens weil ein grosser Teil des Interesses, das früher der „vergleichenden Anatomie“ zu teil geworden war, sich andern Gebieten zuwandte, ganz besonders auch der Embryologie. Nun hätte man erwartet, dass gerade durch die Entwicklungsgeschichte der Organe und durch die Keimblattlehre ein gemischtes System der Teile des Organismus geschaffen werde. Aber noch ehe die Keimblätter zu einer solchen Systematik verwendet werden konnten, kam die Einsicht in die Relativität ihres Wertes empor, ganz abgesehen davon, dass eine auf sie begründete Systematik ja nur für Metazoen hätte gelten können. So wird denn als System für die Embryologie in der Regel ein ecklektisches gewählt, worin der Ablauf der ersten Entwicklungsvorgänge chronologisch geordnet wird, während die Entwicklung der Organsysteme mit Rücksicht auf ihren erwachsenen Zustand behandelt wird. Damit ist auch dem schwachen Punkte der „vergleichenden Anatomie“ Rechnung getragen, den wir zum Schluss dieses Abschnittes noch einmal hervorheben müssen. Für die genetische Betrachtungsweise empfehlen sich ihrem Erhaltungszustande nach, in erster Linie die ganzen Organismen und zwar vorwiegend die höheren; von den Teilen derselben die Hartgebilde und alsdann erst die Organe selbst, die sie ausgeschieden haben. Eine Stammesgeschichte der übrigen Organe aber hat nur Aussicht weiter zu kommen, wenn sie mit voller Kenntnis der besser bekannten Teile des Gesamgebietes der Phylogenie betrieben wird und wenn sie anderseits zur Physiologie ein richtiges Verhältnis gewinnt. Worin dies besteht, das soll im folgenden Abschnitt dargelegt werden.

7. Das geschichtliche Verhältnis zwischen physiologischer und phylogenetischer Systematik.

Blicken wir nochmals zurück auf die beiden Entwicklungsreihen der biologischen Systeme. Die obersten Kategorien des physiologischen sind bei *Aristoteles* rein wissenschaftlichen Absichten entsprungen. Wie ein roter

Faden durchziehn sie die Physiologie der Neuzeit bis auf die Gegenwart. Traten bei *Aristoteles* die Einteilungsprinzipien für die Funktionen zurück hinter denen für die Gliederung des Organismus, so erhielten jene erst eine spezifisch neue Begründung durch den Cartesianismus. Von *Perrault* wurde das Prinzip ihrer Erklärung in die Aussenwelt verlegt und damit einem System der Funktionen, das analog den verschiedenen Energieformen aufgebaut wird, vor dem auf den Aufbau des Organismus aus seinen Teilen der Vorzug gegeben. An dieses System haben sich alle Erweiterer und Mehrer der Physiologie gebunden und es hat seinen vollendeten Ausdruck bei dem letzten, auf Systematik den Hauptwert legenden Physiologen, *H. Milne-Edwards* gefunden. Auch die neueste, mit *Preyer* anfangende Systembildung in der Physiologie bedient sich seiner. Abweichungen von ihm fanden wir bedingt durch praktische Rücksichten des Unterrichts *(Galen, Vesal)*, der menschlichen Anatomie (Restauratoren), der experimentellen Methode *(Haller, Cl. Bernard)*.

Gleichzeitig wie die physiologische Systematik tritt bei *Aristoteles* eine genetisch gedachte für die Teile des Organismus hervor, aber ohne realen Erklärungsgrund. Bei ihrem Wiedererscheinen in der Neuzeit lehnt sich die „vergleichende Anatomie“ zunächst an die menschliche Anatomie an, ordnet sich später der zoologischen oder der physiologischen Systematik unter. Entscheidend wirkte die Bereicherung der Osteologie durch die Paläontologie bei *Cuvier*, dessen Anschluss an die menschlich-anatomische Systematik für die deutsche und englische Wissenschaft massgebend wurde, während in Frankreich mit *H. Milne-Edwards* die physiologische Systematik ihre herrschende Stellung gegenüber der „vergleichenden Anatomie“ behielt. Dass unterdessen die

Entwicklungslehre durchbrach, vermochte weder die modernen Entwicklungstheoretiker vom *Cuvier-Vesal-Galen*'schen System, das eine dem Wesen der „Vergleichenden Anatomie" vollständig fremde Begriffswelt auf sie übertrug, abzubringen, noch auch dem physiologischen System ein ebenso naturgemässes an die Seite zu stellen.

Hieraus geht hervor, dass entsprechend der Gemeinsamkeit der Basis, worauf beide Disziplinen sich erhoben, die Physiologie sowohl als die „vergleichende Anatomie." auch die Systembildung innerhalb des einen Gebietes auf die innerhalb des andern zurückwirken musste, wofern sie sich nicht an rein praktische Zwecke band. Dabei ist es aber stets die Physiologie gewesen, welche dominierte und die „vergleichende Anatomie" ordnete sich ihr unter. Weder der intensivere Betrieb der Physiologie noch logische Superiorität würde sich dafür ins Feld führen lassen, dass sie für die allgemeine Biologie mehr zu bedeuten habe, als die Phylogenie. Ihr Vorrecht erwächst lediglich aus solideren historischen Traditionen ihrer wissenschaftlichen Systematik und aus dem Anschluss ihrer Grundlagen an die anorganischen Naturwissenschaften.

Wenn wir die Fortschritte der zeitgenössischen Phylogenie der Organe betrachten, so macht sich eine Richtung geltend, die vom Einzelnen ausgehend *Cuvier* entgegengesetzt ist. Es ist der Übergang von der typentheoretischen Anschauungsweise zu einer auf individuelle Variation begründeten. Die individuelle Variation eines Organisationsverhältnisses muss allerdings festgestellt werden können, ehe man die spezifische, generische u. s. w. beurteilen will. Unter dem Einfluss des Einblicks in die Bedeutung der Variation ganzer Organismen, begann man, entgegen früherem Usus, die Variationen von Skeletteilen, Muskeln, Gefässen und Nerven festzustellen und in Zusammenhang mit dem Studium von Missbildungen womöglich auf die Lebensbedingungen des Organismus zurückzuführen. Was ist dies anderes als Einführung eines physiologischen Gesichtspunktes in die „vergleichende Anatomie“? Fernerhin wurden nach und nach viele Organisationsähnlichkeiten bei solchen Organismen, die man früher als verwandt betrachtete, auf Konvergenzanalogie zurückgeführt und damit frühere systematische Verbände und vermeintliche Verwandtschaften aufgelöst z. B. die Wasserreptilien und Wassersäugetiere, die Laufvögel, die Rochen. Von der Funktion ausgehend hat *Cope* seine mechanisch-physiologische Begründung der Phylogenie des Säugergebisses unternommen entgegen der typentheoretisch gedachten Trituberkulartheorie. Wir brauchen keine weitern Beispiele dafür zu häufen, dass die wesentlichsten Fortschritte der „vergleichenden Anatomie“ in neuerer Zeit durch „vergleichend-physiologische“ Betrachtung zustande gekommen sind, dadurch, dass man von den sichern Endformen, deren mechanische Bedingungen durchsichtig waren, ausging und nicht von hypothetischen Grundformen, welche dem ins Genetische umgedeuteten Typus *Cuviers* entsprachen. So bringt es denn auch die innere Entwicklung der „vergleichenden Anatomie“ mit sich, dass sie nicht mehr bei der *Galen-Cuvier*'schen Systematik wird stehen bleiben dürfen, sondern zu der physiologischen wird übergehen müssen, da sie keine ebenso wohl fundierte ihr an die Seite zu stellen hat. Noch sind zwei Einwände zu erledigen, die man hiegegen vorbringen könnte. Der eine wäre der, es komme überhaupt wenig auf die obersten Kategorien und auf die ihnen zu Grunde liegenden Einteilungsprinzipien an. Ihre Geschichte habe denn auch keinen weiteren Wert.

Es würde eine solche Auffassung in flagrantem Widerspruch stehn, mit dem, was jeder Zoologe für recht und billig hält, wofern es sich um die ganzen Organismen handelt, mit dem auch, was wie wir dargelegt haben, einen Hauptbestandteil der Zoologiegeschichte ausmacht. Was aus ihr allein in die Kompendien hinübergenommen wird, sind, wie schon gesagt, die grossen Kategorien des Tiersystems und da sollten nun dieselben logischen Bestandteile innerhalb des Systems der Teile der Tiere wertlos sein? Und ferner vergegenwärtige man sich die Bedeutung der obersten Kategorien eines Systems für die Auffassung seiner Einzelheiten. Die mittelalterliche Unterscheidung: Gott, Mensch, Welt, was für Irrtümer hat sie zur Folge gehabt, welche Hemmungen einer natürlichen Auffassung erzeugt! Aber innerhalb der Sphäre der „vergleichenden Anatomie“ liessen sich zahlreiche falsche Induktionen darauf zurückführen, dass das *Galen-Cuvier*'sche System der Organsysteme sich mit grösster Zähigkeit festgesetzt hat, dass infolge desselben die Hartgebilde für das logisch wichtigste genommen wurden, gleichsam als Urtypus des Wesens. Man vergleiche nur das Schicksal der meisten osteologischen und odontologischen Theorien. Zweitens wird man das Aufstellen von Systemen überhaupt als veraltete wissenschaftliche Bemühung beurteilen. Dem ist entgegenzuhalten, dass Systembildung weiter nichts ist, als Ordnung nach einheitlichen Prinzipien. Einer der grössten Fortschritte der zeitgenössischen Biologie beruhte darauf, dass in umfassendster Weise von *Hæckel*, im Einzelnen von zahlreichen verdienten Forschern neu systematisiert wurde. Vorwiegend allerdings mit Orientierung auf die ganzen Organismen, während die Systematisierung der anatomischen Teilgebiete zurückblieb. Die Ordnung der organischen Welt nach den Gesichtspunkten der Physiologie und Phylogenie, oder um mit *Hæckel* zu reden, nach Anpassung und Vererbung ist innerhalb der Anatomie noch nicht in gleicher Weise vollzogen. Noch in höherem Grade, als innerhalb der Tiergruppen bedarf es hier des Ausgehens von den Anpassungserscheinungen, von der Physiologie.

Wir brechen hier den Gang unserer Darstellung ab. Die Aufgabe, die wir uns stellten, den Entwicklungsgang der physiologischen und „vergleichend-anatomischen“ Systematik zu skizzieren, haben wir in ihren Grundlinien durchgeführt. Für die Biologiegeschichte dürfte es sich lohnen, den Faden aufzunehmen und weiterzuspinnen, damit wir nach und nach in ebenso gründlicher Weise, wie über die medizinische Praxis und die zoologische Systematik, in die Entwicklungsgänge anderer Gebiete der Biologie hineinblicken.

Naturgemäss würde sich fernerhin aus unseren Studien ergeben, dass wir auf Grund dieses Entwickelungsganges der biologischen Systematik, die Umgestaltung der „vergleichenden Anatomie“ durch die Physiologie auch in diesem Punkte weiterführten. In Verbindung mit dem heutigen Tatbestand wäre das mechanistische System der Funktionen des Organismus auf die Teile desselben zu übertragen, an Stelle der nun historisch erläuterten künstlichen Gliederung eine den natürlichen Beziehungen der Organsysteme zur Aussenwelt und unter sich zu entsprechende zu setzen. Das mag bei anderer Gelegenheit geschehn. Vorläufig genügt, wenn das hier dargelegte, historisch und logisch begründete Problem anerkannt wird.

Litteratur.

1. **Aristoteles,** Vier Bücher über die Teile der Tiere. Griechisch und Deutsch von A. von Frantzius. Leipzig 1853.
2. **Aristoteles,** Tierkunde. Übers. v. Aubert u. Wimmer. Leipzig 1868.
3. **Cl. Bernard,** Leçons de Physiologie expérimentale. Paris 1855.
4. **Cl. Bernard,** De la physiologie générale. Paris 1872.
5. **X. Bichat,** Allgemeine Anatomie, angewandt auf die Physiologie und Arzneywissenschaft. Uebersetzt von C. H. Pfaff. Leipzig 1802.
6. **G. Blasii** Anatome animalium. Amstelodami 1681.
7. **J. F. Blumenbach,** Handbuch der vergleichenden Anatomie. III. Aufl. Göttingen 1824.
8. **G. L. Buffon,** Histoire naturelle générale et particulière. Paris 1750—78.
9. **C. F. Burdach,** Vom Bau und Leben des Gehirns. Leipzig 1819.
10. **C. F. Burdach,** Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Leipzig 1835.
11. **B. Carpi** Isagogæ breves, 1523. (Zweite Ausgabe.)
12. **C. G. Carus,** Lehrbuch der vergleichenden Zootomie. 1834.
13. **J. V. Carus,** Geschichte der Zoologie. 1872.
14. **L. Choulant,** Geschichte und Bibliographie der anatomischen Abbildung. Leipzig 1852.
15. **G. Cuvier,** Histoire des Sciences naturelles. Paris 1841—1845.
16. **A. Dugès,** Traité de physiologie comparée. Montpellier und Paris 1838.
17. **C. L. Dumas,** Principes de physiologie. 2. Aufl. 1806.
18. **Ehrenberg,** Organisation der Infusionstierchen. Berlin 1830.
19. **W. Flower,** Essays on Museums and other subjects connected with natural history. London 1898.
20. **Cl. Galeni Pergameni** De usu partium corporis humani libri XVII. Nicolao Regio Calabro interpr. Basileae 1553.
21. **Cl. Galeni Pergameni** De anatomicis administrationibus libri novem. Lugduni 1551.

22. **J. Gall und Spurzheim**, Anatomie et physiologie du système nerveux en général et du cerveau en particulier. Paris 1810.
23. **C. Gegenbaur**, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. 1898 und 1901.
24. **E. Geoffroy St. Hilaire**, Anatomie philosophique. Paris 1818.
25. **E. Geoffroy St. Hilaire**, Histoire naturelle générale. Paris 1854.
26. **E. Hæckel**, Generelle Morphologie der Organismen. Berlin 1866.
27. **A. von Haller**, Bibliotheca anatomica. Tiguri 1774.
28. **A. von Haller**, Elementa physiologiæ. 1757.
29. **Ed. von Hartmann**, Philosophie des Unbewussten. X. Aufl. 1889.
30. **G. Herder**, Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit. Riga und Leipzig 1784.
31. **E. Home**, Lectures on comparative anatomy. London 1814—28.
32. **Th. H. Huxley**, Handbuch der Anatomie der Wirbeltiere. Übers. v. Ratzel. Breslau 1873.
33. **J. Lamarck**, Philosophie zoologique. 1809.
34. **Th. Lauth**, Histoire de l'anatomie. Strasbourg 1815.
35. **F. Magendie**, Précis élémentaire de Physiologie 1816—17. Paris.
36. **J. F. Meckel**, System der vergleichenden Anatomie. Halle 1821.
37. **Mémoires** de l'Académie Royale des Sciences. La Haye 1731.
38. **H. Milne-Edwards**, Leçons sur la physiologie et d'anatomie comparée. Paris 1837—80.
39. **Joh. Müller**, Handbuch der Physiologie des Menschen. 1844.
40. **R. Owen**, Lectures on the comparative anatomy and physiology of the Vertebrate animals. London 1846.
41. **Cl. Perrault**, Essais de physique. Paris 1653.
42. **W. Preyer**, Elemente der Allgemeinen Physiologie. Leipzig 1883.
43. **Ricardi Anglici** Anatome ed. Tœply. 1900.
44. **Richerand**, Nouveaux élémens de physiologie. Paris 1833.
45. **M. Roth**, Andreas Vesalius Bruxellensis. Berlin 1892.
46. **M. Aurelii Severini** Zootomia Democritæa. Nürnberg 1645.
47. **O. Schmidt**, Die Entwickelung der vergleichenden Anatomie. Jena 1855.
48. **J. Spix**, Geschichte und Beurteilung aller Systeme in der Zoologie. Nürnberg 1811.

49. **H. Stannius**, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Rostock 1846.

50. **G. R. Treviranus**, Biologie oder Philosophie der lebenden Natur. Göttingen 1802—1822.

51. **Valentini**, Amphiteatrum zootomicum. Francofurti ad Mœnum 1720.

52. **C. Varolii** Anatomiæ libri IIII. Frankfurt 1591.

53. **M. Verworn**, Allgemeine Physiologie. III. Aufl. 1901.

54. **A. Vesalii Bruxellensis** De humani corporis fabrica. Basileæ 1543.

55. **F. Vicq d'Azyr**, Traité d'anatomie. Paris.

56. **R. Wiedersheim**, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Jena 1886.

57. **W. Wundt**, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Erlangen 1865.

58. **Bergmann und Leuckart**, Anatomisch-physiologische Übersicht des Tierreichs, Leipzig 1852.

59. **G. Cuvier**, Vorlesungen über vergleichende Anatomie. Übers. v. Fischer. 1802.

60. **M. Foster**, Lectures on the history of Physiology Cambridge 1903. Kam mir erst nach Abschluss des Manuskripts zu Gesichte, gibt mir aber keinerlei Veranlassung zu besondern Bemerkungen.

Über Gewichtsänderung bei chemischen und physikalischen Umsetzungen in geschlossenem Rohr und über Hrn. Heydweillers Entdeckung.

Eine Einleitung

von

Georg W. A. Kahlbaum.

In Nr. 2 ihres vierten Jahrganges, vom 15. Oktober 1902, machte die „Physikalische Zeitschrift“ Mitteilung von einer grundlegenden Entdeckung, die, wenn sie sich bewahrheitet, zu den schönsten und bedeutsamsten der neuerdings so überaus erfolgreichen physikalischen Forschung gehört.

Hr. Prof. *Adolf Heydweiller* in *Münster* berichtet in der gedachten Zeitschrift folgendes:

„In Verfolgung der Untersuchungen über Gewichtsänderungen bei chemischer und physikalischer Umsetzung[1]), wurde die Gewichtskonstanz radioaktiver Substanzen geprüft, um festzustellen, ob die beobachteten Gewichtsänderungen etwa in einem Zusammenhange mit den Erscheinungen der Radioaktivität stehen könnten.

5 g radioaktiver Substanz von *de Hæn* in *List-Hannover*[2]) mit der Bezeichnung „konzentriert“ und sehr erheblicher Aktivität wurden in ein Röhrchen aus

---

[1]) Physikal. Zeitschr. Bd. 1. 1900. S. 527 und Drude. Annal. Bd. 5. 1901. S. 394.

[2]) Vergl. *F. Giesel*, Wiedemann Annal. Bd. 69. 1899. S. 91.

alkalifreiem Jenenser Glase 477 $^{\text{III}}$ von 0,7 cm lichter Weite und 13 cm Länge eingeschlossen und ihr Gewicht mit einem gleichen Röhrchen voll Glasstücken von nahe demselben Gewicht und Volumen mehrere Wochen hindurch verglichen.

Das Ergebnis war ein überraschendes. Es zeigte sich ein kontinuierlich wachsender Gewichtsunterschied, einer Gewichtsabnahme der radioaktiven Substanz um etwa 0,02 mg in 24 Stunden entsprechend. Über die Einzelheiten der Untersuchung, die noch mehrfach Interessantes bietet, wird an anderer Stelle ausführlich berichtet werden. Die gesamte bisher beobachtete Gewichtsänderung beträgt bereits nahe $^1/_2$ mg.“

Soweit das Tatsächliche in der Mitteilung Prof. *Heydweillers*. Wie man sieht, handelt es sich bei dieser kurzen Notiz zunächst um die sehr gerechtfertigte Wahrung der Priorität für diese wichtige Entdeckung. Jedoch ist Hr. Prof. *Heydweiller* ein so ernster und subtiler Forscher, dass auch einer so kurzen Mitteilung von ihm grosse Bedeutung zukommt.

Es ist also festgestellt worden, dass eine Gewichtsänderung in geschlossenem Glasgefäss statthat, d. h. dass wägbare Substanz Glas zu durchdringen vermag.

Welcher Art diese Materie sei, das bleibe zunächst gänzlich aus dem Spiel.

Die Frage, ob Gewichtsänderung in geschlossenem Glasgefäss möglich, ist des öftern aufgeworfen worden; in letzter Zeit bekanntlich besonders von Hrn. *Landolt* in *Berlin*, der derselben mit ausserordentlicher Sorgfalt und Mühwaltung nachgegangen ist und noch nachgeht.

Es ist bekannt, dass die auf Wasserstoff = 1 bezogenen Atomgewichte in einer Mehrzahl von Fällen von einer ganzen Zahl nur um recht geringe Werte abweichen, und dass diese ganz geringen Abweichungen zwar nicht völlig verschwinden, aber auch, trotz der Verfeinerung unserer analytischen Methoden, nicht nennenswert wachsen. Es ist weiter bekannt, dass, auf diese Tatsache hin, der englische Arzt *William Prout* in einer 1815 erschienenen Arbeit behauptet hat, dass die Atomgewichte einfache, geradzahlige Multipla des Wasserstoffs = 1 seien, woraus sich ableiten liesse, dass die verschiedenen Elemente nichts anderes als verschiedene Verdichtungsphasen einer Urmaterie, zunächst einmal des Wasserstoffes, seien. —

Begreiflicherweise erregte diese sogenannte *Prout*'sche *Hypothese* ein ungeheueres Aufsehen, und das um so mehr, als die uns heut geläufigen Zahlen, auf H = 1 bezogen, damals *nicht* gebräuchlich waren, wenn auch *Poggendorffs*[1]) Bemerkung, *Prout* habe überhaupt als erster den Wasserstoff zu Grunde gelegt, falsch ist; das tat schon *Dalton*[2]).

Zwar niemals in unbestrittener Geltung stehend, erhielt diese Hypothese doch wieder einen gewaltigen Stimulus, als *Dumas* und *Stas*, 1840, fanden, dass das Atomgewicht des Kohlenstoffes mit 12,0008 im Gegensatz zu des *Berzelius* wiederholter Festlegung mit 12,23, ebenfalls der Regel *Prouts* zu folgen schien. War doch *Stas* selbst, offenbar durch den Erfolg der Bestimmung des Kohlenstoffs, zu *Prouts* Anschauungen bekehrt, und begann er seine mit unerreichter Sorgfalt durchgeführten Arbeiten, die zu dem unumstösslichen Satz führten, dass die Atomgewichte *nicht* durch ganze Zahlen ausgedrückt werden dürfen[1], ursprünglich, um das Gegenteil zu beweisen.

---

[1]) Handwörterbuch Bd. 2. Spalte 539.

[2]) Die Entstehung der *Dalton*schen Atomtheorie. Deutsch von *Kahlbaum*. Monographien aus der Geschichte der Chemie, Heft 2. 1898. S. 27 u. Tafel 3.

Fest steht also, dass die ermittelten Werte zwar mit Dezimalen behaftet sind, immerhin in ihrer Mehrzahl von ganzen Zahlen nur sehr wenig abweichen.

Es darf also die Frage aufgeworfen werden: Sind nicht etwa besondere, andere Gründe und Ursachen dafür haftbar zu machen?

Das ist, 50 Jahre nach *Prout*, 1865 durch *Marignac* bereits geschehen.

Wir wissen, dass die beiden grossen Gasgesetze, welche die Änderung des Volumens aller Gase bei Druck- und Temperaturwechsel regeln, keine *absolute* Gültigkeit haben; und ebenso ist es bekannt, dass das gleiche von dem Gesetze der konstanten Atomwärmen gilt.

Mit Bezug auf die beobachteten Abweichungen bei den beiden ersten Gesetzen, meint nun *Marignac*[2]: Man könne die Hypothese *Prouts* neben die Gesetze von *Boyle* (*Marignac* nennt es 1865 natürlich noch nach *Mariotte*) und *Gay-Lussac* stellen, und eine *wesentliche* Ursache annehmen, aus der die Einfachheit, die Geradzahligkeit der Verhältnisse der Atomgewichte abzuleiten sei, dazu aber noch *sekundäre* Ursachen, denen die geringfügigen Abweichungen von der absoluten Gültigkeit des Gesetzes zuzuschreiben seien.

Es wird sich nun weiter fragen, welcherlei Art können denn diese sekundären Ursachen sein, die eine solche störende Einwirkung auszuüben imstande sind?

---

[1] Untersuchungen über die Gesetze der chemischen Proportionen, über die Atomgewichte und ihre gegenseitigen Verhältnisse. Leipzig, Quandt und Händel 1867. Begonnen wurden *diese* Arbeiten *Stas*' bereits 1860.

[2] Liebig, Annal. Supplbd. 4. 1865–66. S. 206.

Marignac selbst hat sich darüber nicht ausgelassen, dagegen hat *Lothar Meyer* ausdrückliche Antwort darauf erteilt.

In seinen „*Modernen Theorien*“ sagt er darüber:

„Es ist wohl denkbar, dass die Atome aller oder vieler Elemente doch der Hauptsache nach aus kleineren Elementartheilchen einer einzigen Urmaterie, vielleicht des Wasserstoffes, bestehen, dass aber ihre Gewichte darum nicht als rationale Vielfache von einander erscheinen, weil ausser den Theilchen dieser Urmaterie, etwa noch grössere oder geringere Mengen der vielleicht nicht ganz gewichtlosen, den Weltraum erfüllenden Materie, welche wir als Lichtäther zu bezeichnen pflegen, in die Zusammensetzung der Atome eingehen.

Es ist das eine Hypothese, die nicht unzulässig erscheint und, obwohl sie zur Zeit weder erwiesen noch widerlegt werden kann, doch in weiterer Ausführung vielleicht zukünftig lohnende Früchte zu tragen vermag, wenn sich auch für den Augenblick die Gewinnung solcher noch nicht erwarten lässt[1].“

So wie der Ausspruch *Marignacs* als Erwiderung auf den Satz von *Stas*: „Ich betrachte somit die *Prout*sche Hypothese als eine reine Täuschung, und die für unzersetzbar geltenden Körper als voneinander verschiedene Wesen, welchen keine einfache Beziehung der Gewichte untereinander zukommt“[2], anzusehen ist, so ist hinwiederum *Lothar Meyers* Betrachtung direkt durch *Marignacs* Überlegung gezeitigt worden. Sie erscheint denn auch erst, in direkter Verbindung mit dem Namen des Genfer Forschers, in der 2. Auflage der „Modernen Theorien“ 1872, während die erste Ausgabe 1864 nichts davon enthält. Seiner Ansicht ist *Lothar*

---

[1] *Lothar Meyer*, Moderne Theorien 1872. 2. Aufl. S. 293.

[2] Liebig, Annal. Supplbd. 4. 1865–1866. S. 170.

Meyer dann aber treu geblieben, denn das am Morgen seines Todestages, 11. April 1895, an die Verlagshandlung gesandte Manuskript der 6. Auflage bringt dieselbe noch wörtlich wieder.

Der Welt- oder Lichtäther, der Träger der Fernwirkung, wird heut im allgemeinen *nicht* für absolut schwerelos angesehen. Seine Schwere ist z. B. von *Grætz*[1]) zu angenähert 10^{-17} von der des Wassers berechnet worden. Wenn das *Boyle*'sche Gesetz strenge Gültigkeit hätte, und die Temperatur konstant bliebe, würde danach die Dichte der Luft bereits 33 Meilen über der Erdoberfläche die gleiche wie diese des Äthers sein[2]).

Man sieht also, dass auch Materie, im gewöhnlichen Sinne des Wortes, von der Dichte des Äthers keineswegs undenkbar ist.

Wenn also der Äther auch nicht völlig schwerelos ist, so ist er immerhin so leicht, — der in einer Säule atmosphärischer Luft von einem Quadratmeter Querschnitt und 30 Meilen[3]) Höhe enthaltene Äther würde 0,0022 mg wiegen[4]), — dass er sich, in *der* Form, in welcher er in der Atmosphäre enthalten ist, der Wägung mit unsern heutigen Mitteln entzieht.

Nun ist aber eine wohl als allgemein gültig anzusehende Regel die. dass alle Körper an ihrer Oberfläche Luft verdichten. Wie so viele andere, habe auch ich. bei meinen vielfachen Arbeiten im Vakuum, unzählige dahingehende Beobachtungen gemacht, so dass ich zu der Annahme geführt wurde, dass alle Oberflächen mit einem dicken Polster verdichteter Luft überzogen sind.

---

[1]) *L. Grætz*, Wiedemann Annal. Bd. 25. 1885. S. 171.

[2]) *L. Grætz*, a. a. O. S. 172.

[3]) Mittlere Erdatmosphärenhöhe.

[4]) *L. Grætz*, a. a. O. S. 171.

Diese Ansicht — von der an den Oberflächen verdichteten Luft — hat der Botaniker *Karl Wilhelm Nägeli* in *München* 1884 auf den Äther übertragen, der dadurch in einen Zustand überginge, in dem er auch für unsere heutigen Mittel wägbar sein könnte. Nach ihm sollen die, die Atome zusammensetzenden, „Ameren“ von einer solchen Hülle wägbaren oder *Schweräthers* umgeben sein.

Ich gehe hier auf *Nägelis* Theorie der Ameren nicht näher ein, sondern verweise auf die Einleitung zu Hrn. *Landolts:* „Untersuchung über etwaige Änderung des Gesamtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper[1]),“ die ich mir, wie hier, auch sonst bei *meinen* einleitenden Sätzen, natürlich zu nutze gemacht habe.

An die Besprechung der Ameren-Theorie schliesst Hr. *Landolt* folgende Sätze an: „Macht man auf Grund dieser *Nägeli*'schen Anschauungen die zulässige Annahme, dass die *Schweräther hüllen* der verschiedenen chemischen Atome ungleich dicht sein werden, so muss, wenn in dem Molekül einer Verbindung ein Element sich durch ein anderes ersetzt, an der eintretenden Gewichtsänderung auch die veränderte Menge des wägbaren Äthers Anteil haben.“ — Dieser Satz ist zweifellos richtig und die Annahme sicher gestattet. Nun heisst es aber weiter: „Somit könnte der Fall eintreten, dass bei sehr genauer Wägung das Gesamtgewicht zweier Körper vor und nach ihrer chemischen Umsetzung nicht völlig gleich gefunden wird, indem eine gewisse Menge ponderablen Äthers aus- oder eingetreten ist. Das gleiche wäre möglich, wenn der Äther von den Atomen chemisch aufgenommen wird.“

---

[1]) *H. Landolt*, Mathematische und naturwissenschaftliche Mitteilungen aus den Sitzungsber. d. K. Akad. der Wissenschaft. zu Berlin. Jahrg. 1893. S. 187.

So wie es hier gesagt wird, berechtigt die Prämisse *nicht* zu dem daraus gezogenen Schluss.

Es sei A das Gewicht eines Atomes und a das Gewicht der dazugehörigen Schweratherhülle, die gleiche Bedeutung mögen haben B und b, C und c, D und d.

Es möge sich nun umsetzen:

$$(A + a)\ (B + b) \text{ und } (C + c)\ (D + d)$$

zu

$$(A + a)\ (D + d) \text{ und } (C + c)\ (B + b).$$

Dabei würde niemals eine Änderung des Gesamtgewichtes zu konstatieren sein können. Eine solche würde erst dann möglich sein, wenn die weitere Prämisse zuträfe, dass mit einem, sagen wir kurz, Wechsel der Affinität, in allen oder einzelnen Fällen eine Änderung der Masse der Schwerätherhülle einträte, also wenn, — es seien die geänderten Massen der Ätherhüllen durch griechische Buchstaben angedeutet, — im günstigsten Falle, aus

$$(A + a)\ (B + b) \text{ und } (C + c)\ (D + d)$$

würde

$$(A + \alpha)\ (D + \delta) \text{ und } (C + \gamma)\ (B + \beta).$$

Ob eine solche Annahme gemacht werden darf, ist allerdings fraglich; mir erscheint sie zulässig.

Ohne auf weitgehende Spekulationen einzutreten und unter Zugrundlegung rein mechanischer Anschauungen, von denen jedoch noch ausdrücklich betont werden sollte, dass:

„dies alles nur sind Schemen
zum Gebrauche für's Katheder“,

könnte etwa folgendes ausgeführt werden. Das Auftreten der chemischen Verwandtschaft zweier Stoffe kommt zunächst zum Ausdruck in der Sprengung bestehender und der Bildung neuer Molekularverbände. Innerhalb eines solchen wird sie sich etwa betätigen können durch eine, gegeneinander zu und voneinander ab gerichtete, schwingende Bewegung der Atome. Grössere Verwandtschaft könnte sich dann z. B. durch kleinere Amplituden und kürzere Schwingungsintervalle geltend machen. Es wird kaum anzunehmen sein, dass Atome von Stoffen *entfernterer(!)* Verwandtschaft in engeren und häufigeren Beziehungen zueinander stehen werden, wie solche von *grösserer* Verwandtschaft.

Lassen wir diese Annahme gelten, so würde es nicht gezwungen erscheinen, vorauszusetzen, dass bei diesem Wechsel im Rhythmus der Atombewegung auch die Ätherhüllen in Mitleidenschaft gezogen werden; ob im Sinne einer Lockerung oder Verdichtung, bleibe zunächst aus dem Spiel. Jedenfalls aber würde, da unter allen Bedingungen eine Umlagerung nur im Sinne einer *Betätigung engerer* Verwandtschaft zueinander stattfinden kann, anzunehmen sein, dass diese Änderung auch stets nur in *einem* Sinne verlaufen kann, zum mindesten für endotherme Reaktionen einer- und exotherme Reaktionen andererseits.

Meiner Auffassung nach, sollten alle *freiwilligen* Umordnungen stets mit einer *Abnahme* der umhüllenden Äthermasse Hand in Hand gehen; denn je dichter die indifferente Hülle ist, um so weniger wird sich die *verschiedene* chemische Natur der Atome, aus der ja der grössere oder geringere Grad der Verwandtschaft der Stoffe zu einander resultiert, geltend machen können.

Handelt es sich dagegen um eine Umlagerung im Sinne einer Änderung der *physikalischen* Konstanten, also z. B. Polymerisation, so lässt sich die Frage, ob eine Zu- oder Abnahme eintreten wird, aprioristisch *nicht* entscheiden, dagegen müsste die Änderung unter allen Bedingungen nach den beiden Richtungen entgegengesetzt verlaufen.

Der Schlusssatz in Hrn. *Landolts* Erwägung: „Das gleiche wäre möglich, wenn der Äther von den Atomen chemisch aufgenommen wird,“ bleibt natürlich zu Recht bestehen, und jetzt, aber auch jetzt *erst*, dürfen wir den Vordersatz gelten lassen: „Somit könnte der Fall eintreten, dass bei sehr genauer Wägung das Gesamtgewicht zweier Körper vor und nach ihrer chemischen Umsetzung nicht völlig gleich gefunden wird.“ Dabei müsste nach den oben entwickelten Anschauungen in allen Fällen eine *Abnahme* des Gewichtes stattfinden.

Als eine andere Fehlerquelle bei der Bestimmung des exakten Gewichtes chemischer Verbindungen vor und nach dem Umsatz wäre noch denkbar, dass die Schwere nicht auf alle Substanzen mit völlig gleicher Intensität wirke. Dass dieselbe aber praktisch nicht in Betracht kommt, darauf hat Hr. *Landolt*[1]) bereits hingewiesen, ich brauche also hier nicht damit zu rechnen. Dagegen ist man über die Masse des um die Atome oder mit denselben verdichteten Äthers völlig im unklaren.

Nach unserer Auffassung ist das All mit Äther erfüllt, derselbe durchdringt alles und bewegt sich überall frei hin; für ihn gibt es kein Hindernis.

Nehme ich nun in einem geschlossenen Rohr eine chemische Umsetzung vor, und konstatiere dabei eine Gewichtsänderung des Gesamtsystems, so wäre — subtilste Beachtung aller möglichen Fehlerquellen selbstverständlich vorausgesetzt — eine solche allein aus einer Änderung des Äthergehaltes im Glasrohr erklärlich.

Daraus aber würde einmal Aufschluss gewonnen darüber, in welcher Grössenordnung der Schweräther an dem Gesamtgewicht der Stoffe etwa beteiligt ist, und weiter, darüber, ob ein Wechsel in der Masse des Äthers die analytischen Befunde soweit fälschen könnte, dass darin die Abweichung von der strengen Gültigkeit der *Prout*'schen Hypothese ihre Erklärung fände. –

---

[1]) *Landolt*, a. gl. O. S. 189.

Solche Versuche sind in geringerem Umfange im Jahre 1891 in *Berlin* von *Kreichgauer*[1]), und, in viel ausgedehnterem Maasse und mit stupendester Sorgfalt durchgeführt, 1892 von *Landolt*, in der mehrfach genannten Arbeit, veröffentlicht worden.

Die Umsetzungen, die Hr. *Landolt* vornahm, waren:

1. Silbersulfat und Ferrosulfat in Silber und Ferrisulfat

$$Ag_2\,SO_4 + 2\,Fe\,SO_4 = 2\,Ag + Fe_2\,(SO_4)_3.$$

2. Jodsäure und Jodwasserstoff in Jod und Wasser

$$HJO_3 + 5\,H_2\,SO_4 + 5\,KJ = 6\,J + 5\,KHSO_4 \\ + 3\,H_2\,O.$$

3. Überführung von Jod in Jodwasserstoff mit Hülfe von Natriumsulfit

$$2\,J + 2\,Na_2\,SO_3 = 2\,Na\,J + Na_2\,S_2\,O_6 \text{ und} \\ 2\,J + Na_2\,SO_3 + H_2\,O = 2\,HJ + Na_2\,SO_4.$$

4. Umsetzung von Chloralhydrat und Ätzkali in Chloroform und Kaliumformiat

$$CCl_3 - CH(OH)_2 + KOH = CCl_3\,H \\ + CHKO_2 + H_2\,O.$$

Welche besondern Gründe zur Wahl gerade dieser Reaktionen geführt haben, wird nicht ausdrücklich betont, vielleicht gibt aber die folgende Überlegung, die der Hr. Verfasser anstellt, darüber Aufschluss:

---

[1]) *D. Kreichgauer,* Einige Versuche über die Schwere. Verh. d. physik. Gesellschaft zu Berlin. Jahrg. 10. 1891. S. 13.

„Hält man an der Vorstellung des wägbaren Äthers fest, so muss, wenn bei diesen Reaktionen eine Zu- oder Abnahme des Gewichtes eintritt, diese davon herrühren, dass die zwei neu gebildeten Substanzen einen andern Äthergehalt besitzen als die beiden ursprünglichen. Bleibt das Gewicht unverändert, so könnte dies allerdings davon herrühren, dass bei dem chemischen Umsatz nur eine andere Verteilung des Äthers stattfindet, und die Summe desselben in den vor und nach der Reaktion vorhandenen Körpern die gleiche bleibt. Bei der grossen Verschiedenheit der betreffenden Substanzen ist jedoch dieser Fall wenig wahrscheinlich."

Nach dem weiter oben gesagten wird *uns* das jedoch kaum Ausschlag gebend erscheinen.

Das Endresultat seiner Untersuchung fasst Hr. *Landolt* in folgende Worte zusammen: „dass bei keiner der angewandten Reaktionen sich eine Gewichtsänderung mit Bestimmtheit hat konstatieren lassen. Wenn solche dennoch bestehen sollten, so sind sie, wie die Versuche über die Abscheidung von Silber und von Jod gezeigt haben, von einer derartigen Kleinheit, dass dadurch die stöchiometrischen Rechnungen in keiner Weise beeinflusst werden. Demzufolge ist auch die der ganzen Arbeit zu Grunde gelegte Frage, ob die Abweichungen der Atomgewichte von ganzen Zahlen etwa davon herrühren, dass bei den chemischen Umsetzungen der Körper eine gewisse Menge wägbaren Äthers aus- oder eintritt, im verneinenden Sinne entschieden ....

In physikalischer Hinsicht dürfte es dagegen wohl Interesse bieten, die nicht genügend aufgeklärten Gewichtsabnahmen, welche sich bei der Reduktion von Silber und Jod stets gezeigt haben, durch eine Reihe weiterer Versuche auf ihr wirkliches Bestehen zu prüfen.

denn es herrscht immerhin keine vollständige Sicherheit darüber, dass dieselben sämtlich auf Beobachtungsfehlern beruhen [1])."

Dies der Schluss von *Landolts* klassischer Arbeit, den man ohne Zweifel wird ganz und voll unterschreiben können. Seither hat der ausgezeichnete Forscher diese Untersuchungen fortgesetzt, seine Resultate jedoch nur mündlich der kgl. Akademie der Wissenschaften mitgeteilt. Nach einem Bericht in der Naturw. Rundschau, die mir leider im Original *nicht* vorgelegen hat, hat er bei diesen Studien, sowohl bei der Auflösung von Chlorammonium in Wasser als bei der Einwirkung von Jodsäure auf Jodwasserstoff, merkliche Gewichtsverminderungen beobachtet [2]).

Die Versuche *Landolts* sind von Hrn. *Heydweiller* zu dem Zweck aufgenommen worden „einmal die Thatsache durch weitere Beobachtung auch bei andern Reaktionen sicherzustellen, sodann den Versuch zur Auffindung von Gesetzmässigkeiten und Beziehungen zu andern mit der Umwandlung verbundenen Änderungen physikalischer Eigenschaften zu machen [3])."

Da uns hier allein die Frage nach einer möglichen Gewichtsänderung in geschlossenen Glasgefässen beschäftigt, so können wir von einer Betrachtung des zweiten Teiles von *Heydweillers* Aufgabe absehen, und wollen wir uns nur an den ersten halten.

Heydweiller hat sowohl chemische wie physikalische Phänomene studiert: Umsetzung von Eisen und Kupfersulfat; Kaliumhydroxyd mit Kupfersulfat; von Chlorbaryum mit Schwefelsäure; Lösung von Kupfersulfat in sauren und neutralen Medien u. s. w., u. s. w.

---

[1]) *Landolt*, a. a. O. S. 219.

[2]) Naturw. Rundschau. Bd. 17. 1902. S. 118. Vergl. auch *Heydweiller*, Physik. Zeitschrift. Bd. 3. 1902. S. 425.

[3]) *Heydweiller*, Über Gewichtsänderung bei chemischer und physikalischer Umsetzung. Physikal. Zeitschrift. Bd. 1. 1900. S. 527.

Aus seinen äusserst sorgfältigen Beobachtungen leitet Hr. *Heydweiller* folgendes Resultat ab: „Als sicher festgestellt kann man also die Gewichtsänderung betrachten: bei der Wirkung von Eisen auf Kupfersulfat in saurer oder basischer Lösung, bei der Auflösung von saurem Kupfersulfat und bei der Wirkung von Kaliumhydroxyd auf Kupfersulfat[1]."

Hinzuzufügen ist noch, worauf *Heydweiller* hinweist, dass die Frage, ob die Gewichtsänderungen den Reaktionsmengen proportial sind, sich nach den vorliegenden Versuchen *nicht* entscheiden lässt.

Dagegen sind alle — die jüngsten *Landolt'schen* Versuche mit hineinbezogen — *mit Sicherheit beobachteten Gewichtsänderungen in der Tat Abnahmen.*

Der Wert dieser Abnahmen ist allerdings ein ausserordentlich geringer, er übersteigt nur in 4 von 23 bei *Heydweiller*[2]) aufgezählten Fällen 0,1 mg. Im Mittel betragen die Gewichtsänderungen 0,05 mg, sinken aber in einzelnen Fällen bis auf 0,001 mg herab. In derselben Grössenordnung etwa bewegen sich die Beobachtungen *Landolts*. Auf 100 g Reaktionsmasse trifft bei ihm eine Gewichtsänderung von im Mittel 0,05 mg gegen einen wahrscheinlichen Wägungsfehler von im Mittel 0,012 mg[3]). Bei Hrn. *Heydweiller* verhält sich das Gewicht der Reaktionsmasse zum Gesamtgewicht etwa wie 2 zu 3, bei Hrn. *Landolt* schwankt das Verhältnis zwischen 1 zu 9 und 4 zu 7.

---

[1]) *Heydweiller*, Drude Annal. Bd. 5. 1900. S. 418.

[2]) *Heydweiller*, Physikal. Zeitschrift. Bd. 1. 1900. S. 528.

[3]) *Landolt*, a. a. O. S. 217.

Man sieht, dass die Versuchsbedingungen in Anbetracht der sehr geringen Gewichtsänderungen nicht gerade besonders günstige genannt werden können.

Weiter leiden die Untersuchungen, wenn man sie von dem Standpunkte des Versuches: festzustellen, mit welcher Masse etwa der Schweräther am Gewicht der Substanz beteiligt ist, betrachtet, auch an *dem* Mangel, dass sie immer nur nach *einer* Richtung verlaufen, dass keiner von ihnen umkehrbar ist. Denn weder die Lösungsversuche *Heydweillers*, wie er das auch selbst betont[1], können ohne weiteres umgekehrt werden, noch brauchen, wie das oben gezeigt wurde, die Versuche *Landolts*, bei deren einem Jod ausgeschieden wird, während es bei dem andern in eine Verbindung eingeht, im entgegengesetzten Sinne zu verlaufen.

Dieser Mangel an Umkehrbarkeit wirkt um so störender, als, wie gezeigt, bisher nur Abnahmen sicher beobachtet sind, und alle jene Fehler, die aus dem doch einmal nicht ganz vermeidlichen Abputzen der Apparate resultieren, nach derselben Richtung wirken müssen, und werden die hierdurch möglichen Fehler mit der Oberfläche des Apparates, und damit auch mehr oder minder mit der Menge des angewandten Reaktionsgemisches, wachsen müssen. Auch die bei den chemischen Reaktionen auftretende Wärme kann, selbst wenn das ganze System auf niederer Temperatur gehalten wird, da wo die Umsetzung, von Molekel zu Molekel wirkend, etwa hart an der Glaswandung vor sich geht, im gleichem Sinne störend wirken.

Nach alldem was gesagt ist, würden die günstigsten Umstände zur Erreichung des oben präzisierten Zweckes — Bestimmung *der Grössenordnung der Menge, mit welcher der Äther an dem Gewicht eines Stoffes beteiligt ist,* — etwa die folgenden sein:

---

[1] *Heydweiller*, Physikal. Zeitschrift. Bd. 3. 1902. S. 425.

Ausführung eines umkehrbaren Prozesses, der sich nach beiden Richtungen innerhalb enger, von der mittleren nicht weit abweichenden Temperaturgrenzen abspielt, und, ohne besondere äussere Reizmittel vor sich gehend, einen weitgehenden Umbau der Molekel zur Folge hat, dabei selbstverständlich die Glaswandungen nicht angreift und, das Verhältnis der Reaktionsmasse zum Gesamtgewicht möglichst zu Gunsten der ersteren zu verschieben, wie überhaupt die Verwendung von Massen, die allein von der Tragfähigkeit der Wage abhängig sind, erlaubt.

Ein Stoff, der allen diesen Anforderungen entspricht, ist z. B. das *Zinn* in seinen beiden Modifikationen, dem weissen und dem grauen Zinn. Über diese beiden Zinnmodifikationen ist in jüngster Zeit eingehend von *Dr. Karl Schaum* in *Marburg* und besonders auch von *Prof. Ernst Cohen* in *Amsterdam* gearbeitet worden. Nach der Auffassung des letzteren befindet sich „unsere ganze Zinnwelt stets ...... in metastabilem Gleichgewicht[1])“ und das in *dem* Sinne, dass sich an kälteren Tagen eine langsame Umwandlung in die graue, an wärmeren eine solche in die weisse Modifikation vollzieht; der Umwandlungspunkt liegt bei + 20° C.

Ich kann, auf die schon genannten, interessanten Arbeiten verweisend[2]), hier über die, sich auf die Umwandlungs-Temperatur und Zeit beziehenden, eingehenden Studien hinweggehen, und will nur mitteilen, was ich, über die günstigsten Bedingungen zur Umwandlung von weissem in graues Zinn, einer freundlichen *brieflichen* Mitteilung des Hrn. *Prof. Cohen*, vom 24. Hornung 1901, verdanke.

---

[1]) *Cohen, E.* und *van Eijk,* Zeitschrift f. physikal. Chemie. Bd. 30. 1899. S. 621.

[2]) *Schaum, K.*, Liebig Annal. Bd. 308. 1899. S. 29; *Cohen, E.* und *Eijk. C. van.* a. a. O. S. 601; *Cohen, E.*, Zeitschrift f. physikal. Chemie. Bd. 33. 1900. S. 57; Bd. 35. 1900. S. 588; Bd. 36. 1901. S. 513.

Hr. *Prof. Cohen* schreibt: „Ich selbst arbeitete in der letzten Zeit meistens bei — 3° C., erhielt jedoch auch bei 0° C. gute Resultate. Bringen Sie einen Teil der Probe: alkoholische Pinksalzlösung mit gewöhnlichem Zinnfeilicht, in Ihren Eisschrank und ich zweifle nicht, dass Sie in 6 Wochen eine deutliche Umwandlung hervorrufen werden. Die Darstellung von 100%. grauem Zinn nimmt sehr lange Zeit in Anspruch.“ — *Schaum* gibt einen Fall an, in dem er stengliges Zinn, das er in geschlossenen Glasröhren 5 Monate hindurch in die Kälteflüssigkeit einer *Linde*'schen Eismaschine hing, ganz in die graue Modifikation übergeführt hat [1]).

Schaum hat mit Animpfen von grauem Zinn keine günstigen Resultate erzielt, [2]) wogegen *Cohen* und *van Eijk* das Gegenteil behaupten. [3]) Die Wahrscheinlichkeit spricht für die letztere Annahme.

Schaum hat gewöhnliches Zinn weder bei Behandlung in Kohlensäure-Äther noch in flüssiger Luft umwandeln können, [4]) und *Cohen* und *van Eijk* haben festgestellt, dass die *günstigsten* Bedingungen in der Tat bei erheblich niederern Temperaturen geboten werden. [5]) —

Aus diesen Mitteilungen waren die Arbeitsbedingungen zu entnehmen, und so habe ich mich denn, nachdem ich mich früher schon überzeugt hatte, dass, wie das auch *Schaum* betont, mit Tieftemperaturen so ohne weiteres befriedigende Resultate *nicht* erzielt werden, seit dem Herbst 1901 mit Umwandlungsversuchen abgegeben, die jedoch erst zu einigermassen befriedigenden Resultaten führten, seit ich im Jänner und Hornung 1902 durch die Güte der beiden Herren, *Schaum* sowohl wie *Cohen*, in Besitz von grauem Zinn gelangt war, das ich mit Erfolg zum Animpfen benutzen konnte.

---

[1]) *Schaum*, a. a. O. S. 32.

[2]) *Schaum* a. a. O. S. 33.

[3]) *Cohen* und *van Eijk*, a. a. O. S. 620.

[4]) *Schaum* am gleichen Ort.

[5]) *Cohen* und *van Eijk*, a. a. O. S. 621.

Die *orientierenden Versuche*, sowohl Umwandlungs- wie Wägungsversuche, übergehe ich ganz und wende mich direkt *denjenigen Vorversuchen* zu, — *denn allein über solche habe ich hier zu berichten*, — die angestellt wurden, festzulegen, ob es möglich sei, mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln, der Frage nach einer etwaigen Beteiligung des Schweräthers am Gesamtgewicht, mit Aussicht auf erfolgreiche Beantwortung, näher zu treten.

Weisses Zinn hat das spezifische Gewicht 7.3, *graues Zinn* ein solches von 5.8; es findet also bei völliger Umwandlung eine Zu- resp. Abnahme desselben um 1.5 statt; dem würde eine Änderung des Volums um im Mittel rund 22 %, und das *ohne Zustandsänderung*, entsprechen, ein in der Tat ausserordentlich hoher Betrag, der wohl „einen weitgehenden Umbau der Molekel“ und damit einen entsprechenden Wechsel an etwaigem Schweräthergehalt, vorauszusetzen gestattet.

Landolt hat, wie wir sahen, die Gewichtsabnahme für 100 g Reaktionsmasse zu 0,05 mg im Mittel bestimmt; welchen Betrag die entsprechende Änderung bei der Umwandlung des Zinnes erreichen würde, liess sich *nicht* voraussehen. Für meine Mittel wäre eine solche gleicher Grössenordnung, wie sie *Landolt* angibt, *nicht* mehr nachweisbar gewesen, sie konnte aber auch grösser sein und musste, wie oben gezeigt, je nach der Umwandlung im einen oder im entgegengesetzten Sinne verlaufen, wodurch etwaige beobachtete Änderungen erheblich an Beweiskraft gewinnen mussten.

Frühere Versuche hatten gezeigt,[1] dass die Belastung der, auch zu diesen Bestimmungen benutzten, Wage *Bunge*'scher Provenienz, mit Kollimator-Ablesung, unter 100 g auf jeder Schale bleiben muss; danach waren also auch die abzuwägenden Massen zu begrenzen.

Aus einem etwa 7 mm im Lichten weiten Rohr aus Jenenser Glas wurden 5 etwa 15 cm lange Stücke abgeschnitten und einseitig zugeschmolzen, von denen 3: Sn_1, Sn_2, Sn_3 mit grob, — etwa 2 mm, — körnigem Zinnfeilicht, 2: Gl_1 und Gl_2 mit Glasstücken beschickt und je unter sich auf möglichst gleiches Gewicht wie Volumen gebracht und vor der Lampe geschlossen wurden. Die Volumina betrugen,[2] nach Anbringung aller Korrektionen, für:

Sn_1	Sn_2	Sn_3
21,539 cm³	20,736 cm³	21,006 cm³

$Sn_1 - Sn_2 = 0{,}803$ cm³
$Sn_1 - Sn_3 = 0{,}533$ „
$Sn_3 - Sn_2 = 0{,}270$ „

und für die beiden mit Glas gefüllten Rohre

Gl_1	Gl_2
16,683 cm³	15,832 cm³

$Gl_1 - Gl_2 = 0{,}851$ cm³

Sn_1 und Sn_2 waren mit aus *Berlin* bezogenem Zinn „*Kahlbaum*“, das mit etwa 20$^0/_0$ des von den Herren *Schaum* und *Cohen* gütigst überlassenen Feilichts angeimpft war, gefüllt; Sn_3 enthielt dieselbe Mischung.

---

[1] *Kahlbaum*, *Roth* und *Siedler*: Über Metalldestillation und über destillierte Metalle. Zeitschrift für anorgan. Chemie. Bd. 29. 1902. S. 210.

[2] Da die Wägungen in Wasser bei mir etwas unbequem auszuführen gewesen wären, hatte Hr. Dr. *Chappuis* die grosse Güte, die Bestimmung der Volumina in seinem Laboratorium vorzunehmen und auch alle Reduktionen auf das Vakuum durchzuführen.

Nach sorgfältigster Bestimmung der Gewichte aller fünf Specimina wurden Sn_1, Sn_2 und Gl_1, in Watte verpackt, zunächst in etwas weitere Glasrohre eingeschmolzen, diese, einzeln in Sägemehl gebettet, in Blechfutterale eingelötet, zu dritt gemeinsam, in Holzwolle verstaut, in ein oben und unten verschraubtes eisernes Gasrohr untergebracht und dieses 150 Tage hindurch, vom 8. Juli bis zum 5. Dezember 1902, in die Kälteflüssigkeit der Eismaschine der *Basler Eisfabrik* eingehängt, deren Benutzung der Besitzer, Hr. Ingenieur ***Emil Bürgin***, mit grösster Zuvorkommenheit gestattete, wofür ihm auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Die Temperatur des Kältebades hält sich beständig zwischen – 5° und – 7° C.; da zudem, unter Tags wenigstens, eine so gut wie dauernde Erschütterung des Bades statthat, so dürften die Umstände und die Zeitdauer als der Umwandlung durchaus günstig[1]) bezeichnet werden. Den, als Beschleunigungsmittel, empfohlenen Zusatz alkoholischer Lösung von Pinksalz ($Sn\,Cl_4 + 2\,N\,H_4\,Cl$)[2]) habe ich, um den Vorgang durch nichts zu komplizieren, vermieden. Während der ganzen Zeit waren Sn_3 und Gl_2, in Watte gebettet, in einem verschlossenen Glaskasten im Wagezimmer aufbewahrt. Nach Ablauf der 150 Tage wurde das Gasrohr geöffnet, der Inhalt war völlig intakt, nicht einmal die Holzwolle war feucht geworden. Die Blechfutterale wurden aufgeschnitten, die äusseren, zugeschmolzenen Glasröhren gesprengt.

Das Zinn in Sn_1 und Sn_2 zeigte sich deutlich verändert. Erheblich dunkler von Farbe, war es in kleinere Aggregate zerfallen. Ob es völlig in die graue Modifikation übergegangen war, konnte nicht bestimmt werden, denn leider war es versäumt worden, eine für diesen Zweck zu verwendende Probe besonders mit einzuschliessen.

---

[1]) *Cohen, E.* Physikalisch-chemische Studien am Zinn. III. Zeitschrift f. physikal. Chemie Bd. 35. 1900. S. 592.

[2]) Vergl. weiter oben und auch *Cohen* an der eben angeführten Stelle, Seite 594.

Nun wurden Sn_1, Sn_2, Sn_3, wie Gl_1 und Gl_2 gewogen. Dabei wurde das Wagezimmer beständig kalt, auf etwa + 6° C, gehalten, die Gefässe befanden sich stets im Wagezimmer und stundenlang vorher im Wagekasten selbst in den Platinkörben, in denen sie gewogen wurden, aufgehängt.

Nach der Ausführung aller Wägungen wurden sämtliche Röhren 6 Tage hindurch einer Temperatur von etwa 50 bis 60° C., — bei 40° C. schon geht die Rückbildung des grauen in weisses Zinn so schnell vor sich, dass man sie mit dem Dilatometer nicht mehr verfolgen kann,¹) — ausgesetzt und dann nach 1½-tägigem Stehen im kalten Zimmer von neuem gewogen, eine Operation, die dann noch einmal im warmen Zimmer — um unter den gleichen Bedingungen wie im Sommer zu wiegen — wiederholt wurde. Bei allen Wägungen wurden Temperatur und Luftdruck, um die für die Reduktion auf das Vakuum nötigen Faktoren zu haben, aufgezeichnet.

In welcher Weise die Wägungen selbst ausgeführt werden, ist schon früher²) eingehend beschrieben worden. Die weiter unten mitgeteilten Zahlen geben stets das Mittel aus 3×3, also in Summa aus 9 Einzelwägungen, bei deren jeder der Nullpunkt vorher und nachher kontrolliert wurde. Dadurch, dass die Apparate stets hängend gewogen wurden, und die Gewichte stets möglichst gleichmässig aufgesetzt waren, wurde ungleiche

---

¹) *Cohen*, Physikalisch-chemische Studien am Zinn. II. Zeitschrift f. physikal. Chemie Bd. 33. 1900. S. 61.

²) Vergl. *Kahlbaum*, *Roth* und *Siedler* a. a. O. S. 203.

Belastung der Wagschalen, soweit tunlich, vermieden. Erschütterungen der Wage war dadurch vorgebeugt, dass dieselbe auf einem an der Decke befestigten Gerüst, dessen Schwingungen durch gegeneinander reibende, verstellbare Bürsten gedämpft wurden, aufgestellt war. Solche waren übrigens verhältnismässig, — verhältnismässig für ein Laboratorium, das im 2. und 3. Stockwerk eines alten Hauses, in dessen untern Teilen eine, in erfreulicher Blüte befindliche Bäckerei betrieben wird, — wenig bemerkbar.

Nicht vermieden konnten werden: die aus ungleicher Temperatur der Wagebalken und der Veränderlichkeit der am Glase niedergeschlagenen Wasserschicht resultierenden Fehler. Über die Grösse des ersteren bin ich, da ich die eventuelle Differenz der Temperatur nicht kenne, im unklaren, über die zweite gibt eine Tabelle von *Ihmori*[1]) einigen Aufschluss. Nach seinen Angaben schwankt bei mittlerer Zimmertemperatur (15,3–19,1° C.) das Gewicht des auf einen cm^2, vorher mit siedendem Wasser behandelten Jenenser Glases, niedergeschlagenen Wassermantels zwischen 0,00064 und 0,00035 mg und nimmt für nicht so behandeltes Glas einen höchsten Wert von 0,004 mg an. Es würde demnach das Gewicht für unsere Apparate, die mit siedendem Wasser behandelt worden waren, mit einer Oberfläche von noch nicht 40 cm^2, kaum in Betracht zu ziehen sein.

Unter den Verhältnissen, unter denen ich arbeite, war ich nicht in der Lage, Wage und Gewichte, wie das für solche Arbeiten durchaus wünschenswert gewesen wäre, für diesen einen Zweck allein zu reservieren. Es wurde während der fünf Monate vom Juli bis Dezember eine Fülle anderer — allerdings ausschliesslich Präzisions Wägungen damit ausgeführt. Um nun Wage und Gewichte überhaupt zu kontrollieren, wurden vorher und nachher die Gewichte möglichst unveränderlicher Körper bestimmt.

---

[1]) *Ihmori*, Wiedemann Annal. Bd. 31. 1887. S. 1014.

Dazu wurden gewählt: 1. ein polierter Quarzcylinder von 5,5 mm Durchmesser und 46 mm Länge, 2. ein ebensolcher Cylinder aus Jenenser Bleiglas, 3. und 4. zwei mit Gold gelötete Körbe aus Platindraht, in denen sonst die Glasröhren gewogen wurden. Die Wägungen ergaben:

	Quarz	Bleiglas
Juli	2,930 245	4,771 639
Dezember	2,930 190	4,771 635
	— 0,000 055 [2]	— 0,000 004
	Pt Korb$_1$	Pt Korb$_2$
Juli	4,175 831	3,949 359
Dezember	4,175 825	3,949 373
	- 0,000 006	+ 0,000 014

Diese Zahlen beweisen, dass sich die Wage und die Gewichte, soweit solche bei diesen Wägungen zur Verwendung kamen, *nicht* verändert hatten. Diese, sowie alle übrigen hier in Betracht kommenden Wägungen wurden nach meiner Anweisung mit ausserordentlicher Sorgfalt durch meinen Assistenten, Herrn Dr. phil. *Th. Umbach*, zu meiner vollsten Zufriedenheit ausgeführt.

Mögen nun die Resultate folgen. Es gibt A die Wägungen im *Juli vor der* Abkühlung (weisses Zinn);

---

[2] Da auch das Quarzstäbchen nicht ruhig liegen gelassen werden konnte, so ist wohl möglich, dass sich diese eine Abnahme aus einem kleinen Riss, oder aus dem Abspringen eines mikroskopischen Splitters erklärt.

B, C und D diejenigen im *Dezember nach der* Umwandlung; und zwar B nach der 1. Umwandlung im kalten Zimmer gewogen (graues Zinn); C nach der Rückbildung im kalten Zimmer gewogen (weisses Zinn); D nach der Rückbildung im warmen Zimmer gewogen (weisses Zinn) an. Abgekühlt wurden Sn_1, Sn_2 und Gl_1, ungeändert blieben Sn_3 und Gl_2.

Natürlich sind sämtliche Wägungen reduziert und auf das Vakuum bezogen.

	Sn_1		Sn_2		Sn_3	
A.	61,555 13	△	61,349 71	△	61,385 77	△
		+ 0,000 65		− 0,000 43		− 0,000 44
B.	61,555 78		61,349 28		61,385 33	
		+ 0,000 39		− 0,000 06		− 0,000 13
C.	61,556 17		61,349 22		61,385 20	
		− 0,000 34		− 0,000 11		− 0,000 62
D.	61,555 83		61,349 11		61,384 58	

	Gl_1		Gl_2	
A.	43,773 53	△	41,185 43	△
		+ 0,000 45		− 0,000 06
B.	43,773 98		41,185 37	
		− 0,000 18		− 0,000 26
C.	43,773 80		41,185 11	
		− 0,000 04		+ 0,000 01
D.	43,773 76		41,185 12	

Nehmen wir an, und das sollte nach den Studien von *Schaum* und von *Cohen* gestattet sein, dass die Umwandlung nach beiden Richtungen ausreichend stattgefunden hat, so ergeben die vorstehenden Zahlen nur das *eine* Resultat, nämlich: dass, wenn die Annahme des Schweräthers überhaupt gerechtfertigt ist, die bei der studierten Umwandlung des Zinnes etwa in Mitleidenschaft gezogene Masse desselben ausserhalb der von uns hier zu erreichenden Genauigkeitsgrenzen liegt, d. h. also die von Hrn. *Landolt* gegebene Limite 0,05 mg für 100 g Reaktionsmasse auch hier nicht wesentlich überstiegen worden sein dürfte.

Es ist demnach unnötig, die Resultate selbst zu diskutieren, nur darauf sei noch hingewiesen, dass das ungekühlte Glas in der Tat bei weitem die geringsten Gewichtsänderungen zeigt, und weiter, dass auch bei *diesen* Bestimmungen die Gewichts*abnahmen* mit 11 von 15 Fällen ausserordentlich in der Überzahl sind.

Trotz dieses Misserfolges, bleibt das oben gesagte von der Bedeutung der Umwandlung des Zinnes für die Lösung der aufgeworfenen Frage voll zu Recht bestehen, und ich freue mich, mitteilen zu können, dass ich diese „*Studien am Zinn*“ gemeinschaftlich mit meinem verehrten Freunde, Dr. *P. Chappuis*, Ehrenmitglied des Bureau international des Poids et Mesures in Sèvres, unter den günstigen Bedingungen, seines für solche Untersuchungen auf das beste eingerichteten, hiesigen Laboratoriums, fortzusetzen begonnen habe. —

Doch kehren wir nun zu Hrn. *Heydweillers* Entdeckung zurück.

Zunächst haben wir gesehen, dass Herr *Heydweiller* auf diesem Gebiete kein Neuling ist, sondern schon früher in gleicher Richtung erfolgreich tätig war; dann aber, dass, wenn auch noch nicht alle für solche Untersuchungen von mir aufgestellten Forderungen bei seinen letzten Studien erfüllt sind, doch die Verhältnisse wesentlich günstiger liegen, als bei allen früheren Versuchen.

Die Temperatur bleibt die gewöhnliche, das Gewicht der Substanz ist offenbar ein integrierender Teil des Gesamtgewichtes, und das gleiche gilt fast von der Gewichtsabnahme, die sich mit 0,5 mg bei 5 g Substanzgewicht gegenüber den sonst beobachteten Abnahmen von 0,05 mg auf 100 g Reaktionsmasse, verhält wie 200 : 1; wodurch auch die Tatsache selbst um das 200fache an Gewicht gewinnt. Dagegen ist der Prozess der Emanation nicht umkehrbar, und, was nicht ausser acht zu lassen, das Glas des Gefässes erleidet eine Änderung. Andererseits handelt es sich aber offenbar auch nicht um Schweräther, der bei einem chemischen oder physikalischen Umsatz frei werden könnte; es handelt sich, soweit wir bis jetzt zu urteilen vermögen, überhaupt nicht um die Folge einer chemischen oder physikalischen Umlagerung, sondern um den mehr oder weniger dauernden Zustand von Substanzen, welche die Eigentümlichkeit haben, Strahlen auszusenden, die alle möglichen Hindernisse in *ähnlicher*, ich sage absichtlich nicht in *gleicher*, Weise wie der Äther durchdringen. -

Wir haben überhaupt gelernt, dass auch wägbare Substanz in ausgedehnterem Maasse in geschlossene Räume einzudringen vermag, als man früher voraussetzte. Die Röntgenröhren werden durch mit Gold verlötete, keineswegs immer sehr dünnwandige[1]) Palladiumröhren hindurch mittelst der *Villard*'schen Osmo-Regulierung regeneriert, und Hr. Dr. *Chappuis* hat vor nicht langer Zeit den bisher nicht veröffentlichten Versuch von *Villard* wiederholt und bestätigt gefunden, bei welchem Wasserstoff in zugeschmolzene Quarzröhrchen eindringt.

Für unsern besonderen Fall haben wir also festzuhalten, dass gewisse radioaktive Substanzen Strahlen aussenden, die eine Menge Stoffe durchdringen, welche für leuchtende Strahlen undurchlässig zu sein scheinen. Das gleiche gilt, wie bekannt, auch für die Kathodenstrahlen.

---

[1]) Das gilt besonders für die Röntgenröhren älterer Konstruktion.

Wohl aus den so verbreiteten Röntgenbildern abgeleitet, hat sich aber die Anschauung festgesetzt, dass, zum mindesten die grosse Mehrzahl, der Metalle für Kathodenstrahlen undurchlässig seien, und dass darin ein spezifischer Unterschied zwischen diesen und den Radiumstrahlen bestehe.

Das ist, wie man weiss, nicht nur im *besondern*, sondern auch im *allgemeinen* falsch.

Die Durchlässigkeit der elementaren Stoffe, wie der Verbindungen, für Röntgenstrahlen hängt, wie das neben mehreren andern Forschern besonders eingehend von *L. Benoist*[1]) für elektrische Energie und wie es von *mir*[2]) für die chemisch wirksamen Strahlen nachgewiesen wurde, allein von dem *Atomgewicht* ab.

Dass es auch im *besondern* falsch ist, zeigen die beistehenden Figuren, Photogramme durchleuchteter Münzen, von denen Fig. 1 auf Tafel II mit Radiumstrahlen bei fünftägiger Belichtungszeit, Fig. 2 auf Tafel II mit Kathodenstrahlen in 90 Sekunden dauernder Exposition, durchleuchtet wurden.

Um das Bild nicht zu stören, sind die Münzen natürlich auf der Schriftseite eben geschliffen. Ich will an dieser Stelle doch, — um mir die Priorität zu wahren, — ausdrücklich bemerken, dass solche Photogramme durchleuchteter Münzen *zuerst* von mir überhaupt, und zwar am 2. Juli 1902, aufgenommen wurden, dann vielfach vorgezeigt,[3]) hier an dieser Stelle aber zum ersten Male durch den Druck veröffentlicht werden.

---

[1]) *Benoist, L.* Lois de transparence de la matière pour les rayons X. Bull. de la Soc. franç. de Physique 1901. p. 204.

[2]) *Kahlbaum*, Nouvelles observations sur les rayons de Rœntgen. Arch. de Genève, Sér. 4. T. 14. 1902. p. 374.

[3]) Z. B. gelegentlich der Naturforscherversammlung in *Genf* am 9. September und in der Sitzung der *Basler* Naturforschenden Gesellschaft vom 5. Nov. 1902. Vergl. dazu auch das Ref. in der Chemiker-Zeitung Nr. 93, 1902. S. 1111.

Man weiss, dass die Röntgenbilder nur *Schattenbilder* sind. Es machen nun die Bilder der durchleuchteten Münzen, die den Stempel mit allen Einzelheiten so deutlich wiedergeben, allerdings *nicht* den Eindruck, als wenn wir es hier auch mit *Schattenbildern* zu tun hätten; und doch ist wenigstens Fig. 2 nichts anderes als ein solches; es giebt nur die Prägung genau so wieder, wie etwa ein von der Sonne durchleuchtetes, geschliffenes Glas, in seinem Schatten, neben der eigenen Gestalt auch die der eingeschliffenen Figuren, Buchstaben und Ornamente wiedermalt.

Wie man sieht, verhalten sich also in dieser Beziehung Röntgen- und Radiumstrahlen völlig übereinstimmend und auch dem Äther entsprechend, aber das ist nur dann der Fall, wenn beide Male die empfindliche Schicht abgedeckt ist. Verwendet man nackte Platten,[1]) so bleibt die Radiographie auch bei sehr langer — bis 30tägiger — Expositionszeit unverändert, das Röntgenbild dagegen schwindet in dem Falle vom Rand aus und wird immer kleiner. Als Beleg für das Gesagte, mögen die Fig. 3 auf Tafel II und 4—5 auf Tafel III dienen, welche die *Berthelot* Plakette, das Meisterwerk *Chaplains*, wiederzugeben sich bestreben; dieselbe lag in allen Fällen mit der abgeschliffenen Seite auf. — Es ist Fig. 3 eine Radiographie, dadurch erhalten, dass die Plakette durch ein Radiumkarbonat von ziemlicher Aktivität 15 Tage hindurch, auf *nackter* photographischer Platte liegend, durchleuchtet wurde. Die Radiographie ist nur schwach, zeigt aber deutlich und scharf die Grenzen der Plakette; dasselbe gilt von Fig. 4 auf Tafel III, die der Belichtung einer Volt-Ohm-Röntgen-Röhre, auf *bedeckter* Platte, 75 Minuten, in 172 Einzelaufnahmen, — 106 zu 30 Sek. und 66 zu

---

[1]) Vergl. auch Archives de Genève Sér. 4. T. 14. 1902. p. 375 und 375 bis.

20 Sek., — ausgesetzt wurde. Fig. 5 auf Tafel III, ein Röntgenbild, wurde auf nackter Platte erhalten. Die Plakette wurde dem Röntgenlicht einer *Gundelach*'schen Starkstromröhre längere Zeit, etwa 6 Minuten, — ich habe damals, die Aufnahme ist bereits im Juli des vorigen Jahres gemacht worden, die gesamte Zeit noch nicht genau notiert, — ausgesetzt. Hier ist von einer Grenze nichts mehr zu sehen, der Rand der Plakette mit einem Teil des Kopfes, und zwar von der Grenze zum Centrum gehend, ist in merkwürdiger Weise geschwunden. Das gleiche zeigen natürlich auch die Münzen, ja auch die oben gegebenen Fig. 1—2 auf Tafel II lassen trotz abgedeckter Platte erkennen, dass die Schärfe des Bildes nach den Rändern zu abnimmt; besonders deutlich tritt das an den Buchstaben der Umschrift zu Tage; auch der Stabrand an Fig. 2 ist nicht zu erkennen.[1])

In diesem Durchdringungsvermögen stehen also, wenn auch unter sich und graduell verschieden, Radium- wie Xstrahlen dem Äther nahe, aber eine besondere Form, ein besonderer Zustand des Äthers brauchen sie darum doch nicht zu sein, jedenfalls sind sie nicht ohne weiteres als mit dem Äther als solchem identisch anzusehen, denn sie *erregen* sichtbare Strahlen, sie haben physiologische Wirkungen, d. h. sie wirken chemisch auf die Epidermis und andere Gewebe etc. ein, wobei sie teils nicht unbedenkliche Entzündungen, teils aber auch Heilungsprozesse hervorrufen; dass sie dabei auch photographisch wirksam sind, haben wir gesehen.

Ganz ähnliche Wirkungen bringen, wie wir wissen, die sichtbaren Ätherschwingungen, das Licht, hervor, zum teil schwächere, zum teil stärkere; es handelt sich also hier doch nur um graduelle Unterschiede.

---

[1]) Es ist hier nicht der Ort auf diese Untersuchungen, die bisher nur zum kleinen Teil: *Kahlbaum*, „Nouvelles recherches sur les rayons de Roentgen“ veröffentlicht sind, einzutreten; es wird das an anderer Stelle im Zusammenhange geschehen.

Sonnenlicht verbrennt, entzündet wohl auch die Haut, wirkt auch besonders auf die Pigmentzellen — wovon bei den andern Strahlen bisher nichts bekannt ist — ein, aber nur da, wo das Licht auf Schleimhäute direkt trifft, z. B. im Auge, da wirkt es ähnlich heftig entzündend wie Röntgen- oder gar Radiumstrahlen; ebenso sind Sonnenlichtbäder neuerlich in den Dienst der Therapeutik gestellt. — Ist hier die Wirkung der Sonnenstrahlen eine schwächere, so ist sie beim photographischen Prozess, wiederum nach gewissen Richtungen, ohne Zweifel eine stärkere.

Im gewöhnlichen Zustand sind, wie bekannt, Metalle nur in dünnsten Schichten (Blattgold, Silberfolie) für Sonnenstrahlen, und auch dann nur für solche von bestimmter Wellenlänge, durchlässig; dass das Verhalten der X- und Radiumstrahlen ein durchaus anderes ist, wurde gezeigt. Vergleicht man nun aber gleich hohe Schichten wasserhell durchsichtiger Stoffe von verschiedener Zusammensetzung, z. B. reine Kieselsäure (Quarz) und Kaliumbleisilikat (Flintglas), so ist, trotz des Metallgehaltes des Flintglases, erst bei beträchtlicher Dicke ein deutlicher Unterschied in der Durchlässigkeit für das Sonnenlicht wahrnehmbar, und auch das nur in *dem* Sinne, dass das Flintglas grünlich gefärbt erscheint. Kann man doch z. B. durch eine 175 mm dicke Schicht Flintglas noch ohne Schwierigkeit lesen. Ganz anders ist das Verhalten der die Metalle durchdringenden Röntgen- und Radiumstrahlen.

Die untenstehende Figur 6 auf Tafel II gibt darüber in zuverlässiger Weise Aufschluss, zum mindesten über die Durchlässigkeit für chemisch wirksame Strahlen.

Die Platte ist in der Weise hergestellt, dass der untere Teil mit sogenanntem schwarzem photographischem

Papier abgedeckt, der obere Teil dagegen nackt blieb. Das schwarze Papier war an der untern Seite eines 1 cm dicken und ebenso breiten Bleirahmens, von genau gleicher Grösse wie die Platte, aufgeklebt. Die nicht zu belichtenden Teile derselben wurden mit gleich dicken Bleiplatten von entsprechender Breite, die ihrerseits genau in den Bleirahmen passten, zugedeckt. Aufgenommen wurde ein polierter Bleiglascylinder (rechts, P.) von 5,5 mm Durchmesser, und ein ebensolcher aus Quarz (links, Q.) Von links nach rechts gezählt sind die Aufnahmen gemacht: a. mit Radiumstrahlen, b. mit Röntgenlampe, c. mit Sonnenlicht.

a. Im Aluminiumkasten mit 0,01 g Radiumkarbonat von hoher Aktivität, der Chininfabrik *Braunschweig*, das ich der gütigen Zuvorkommenheit des Hr. Dr. *F. Giesel* verdanke; Expositionszeit 36 Stunden.

b. Im Dunkelzimmer mit einer der ganz ausgezeichneten Idealröhren[1]), System *Gundelach-Dessauer*, des elektrotechnischen Laboratoriums in *Aschaffenburg*; Belichtungsdauer 100 Sekunden.

c. In einer photographischen Camera mit gegen den unbewölkten Himmel gerichtetem Objektiv; Expositionszeit etwa 0,2 Sekunden.

Der untere mit schwarzem Papier abgedeckte Teil, als solcher betrachtet, zeigt zunächst, dass dasselbe für Sonnenstrahlen (c) gänzlich undurchlässig ist, und zwar gerade so undurchlässig wie der 1 cm dicke Bleirahmen. Auch bei sehr langer Exposition habe ich keinerlei Einwirkung des Sonnenlichts durch das schwarze Papier nachweisen können. Dagegen ist das Papier für *Röntgen-*

---

[1]) Vergl. Mitteilungen über Neuerungen auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Herausgegeben vom Elektrotechnischen Laboratorium. Spezialfabrik von Röntgenapparaten, System *Dessauer*. *Aschaffenburg*. Mitteilung Nr. 5. 1902.

licht[1] (b) sehr wohl durchlässig, obgleich ein nicht unerheblicher Teil der auffallenden Strahlen, wie ein Vergleich des oberen und unteren Teiles von b deutlich lehrt, zurückgehalten wird.[2] Bei Radium (a) lässt sich ein Unterschied zwischen dem oberen und dem unteren Teil der Platte als solcher kaum noch wahrnehmen, wenn auch hier, wie bei allen drei sonstigen Aufnahmen sich an den auf freier Platte aufgenommenen Bildern der Stäbchen mehr oder weniger deutliche und starke Brennlinien wahrnehmen lassen. Das schwarze Papier ist für diese Strahlen wohl kein seihendes Filter mehr.

Man muss hier zwischen zweierlei Filtern unterscheiden, zwischen gewöhnlichen Filtern und seihenden Filtern. Filtrier-Papier, Filz u. s. w. ist für eine Reihe von Flüssigkeiten, für reines Wasser, für Essig u. s. w. kein seihendes Filter, die ursprüngliche Flüssigkeit ist mit dem Filtrat identisch, nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der durchtretenden Flüssigkeit wird gemindert. Für alkoholisches Wasser oder gar mit festen Körpern vermengtes, ist das gleiche Papier sehr wohl ein seihendes Filter, hier ist das Ursprüngliche und das Filtrat keineswegs mehr identisch.

Ganz so verhält es sich mit dem schwarzen Papier gegenüber den 3 geprüften Strahlenarten. Für Sonnenlicht ist es völlig undurchlässig, für Röntgenlicht ein seihendes, für Radiumstrahlen ein Filter, das nichts zurückhält, sondern nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit verringert.

Vergleicht man nun die Bilder der Stäbchen, so ist zwischen den beiden, Bleiglas und Quarz untereinander, auf nackter Platte dem Sonnenlicht ausgesetzt, wie es c zeigt, einerseits, und andererseits auf bedeckter Platte in a, ebenfalls Bleiglas mit Quarz verglichen, ein wesentlicher Unterschied *kaum* wahrnehmbar, wenn auch die Bilder der Stäbchen überhaupt in a und c, vollsten Gegensatz, da hell wo die andern dunkel sind, zeigen.

---

[1] Ich nenne *Röntgenlicht:* alle von einer Röntgenröhre ausgehenden Strahlen.

[2] Wie weit hieran das grüne Phosphorescenzlicht der Glasoberfläche und wie weit die Kathodenstrahlen beteiligt sind, wird an anderer Stelle besprochen werden.

Auch mit Röntgenlicht auf nackter Platte aufgenommen, ist ein grosser Unterschied zwischen den Bildern des Bleiglasstabes und des Quarzstabes nicht zu bemerken.

Das besagt also: Im allgemeinen macht sich der Metallgehalt des Bleiglasstabes in der Durchlässigkeit für unfiltriertes Sonnen- und Röntgenlicht, also auf unbedeckter Platte, wie für Radiumstrahlen auf bedeckter Platte, kaum geltend. Es wird also hier das Sonnenlicht in seiner Wirkung durch das Metall nicht beeinflusst!

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den filtrierten [1]) Röntgen- und den direkt durch die Stäbchen auf die empfindliche Schicht fallenden Radiumstrahlen. Hier, in b unten, in a oben, ist der Bleiglasstab wesentlich weniger durchlässig. Das Schattenbild desselben in b ist erheblich dunkler, hat also dem Durchgang der Kathodenstrahlen, im Gegensatz zum Sonnenlicht, ein grösseres Hindernis in den Weg gestellt als der Quarzstab. Das gleiche gilt für das Radium in dem obern Teil von a, dort haben die auffallenden Radiumstrahlen den Quarzstab so völlig durchdrungen, dass die empfindliche Platte kaum noch ein Bild davon zurückgehalten hat.

Im ganzen gewinnt man den überraschenden Eindruck, dass die Sonnenstrahlen am *wenigsten*, die Radiumstrahlen am *meisten* durch den Metallgehalt in ihrer Durchdringungsfähigkeit beeinflusst werden. Ich muss jedoch darauf hinweisen, dass es mir nicht gelungen ist, die Expositionszeiten so genau abzugleichen, dass die chemische Wirkung bei allen 3 Aufnahmen völlig übereinstimmte; ein Betrachten der freien Teile der nackten Platte beweist das hinlänglich. Allerdings ist diese Aufgabe bei dieser ausserordentlich verschiedenen Grösse der beiden Energiequellen, der Sonne einerseits und 0.01 g Radiumkarbonat andererseits, auch nicht ganz leicht zu lösen.

---

[1]) Die Bilder fallen ganz gleich aus, wenn man das schwarze Papier zwischen Lampe und Objekt bringt.

Deutlich zeigt uns das Bild noch, dass wir es allein bei dem filtrierten Röntgenlicht mit Schattenbildern zu tun haben; — die Bilder in b oben sind, im Gegensatz zu denen der Münzen, sicher keine [1]), wenigstens keine reinen Schattenbilder, — was die Radiogramme sind, wage ich noch nicht zu entscheiden, — und dass sich Abstufungen in der Durchlässigkeit auch da finden, z. B. beim Radium, wo wir solche gar nicht vermutet hätten. So werden sich z. B. im Falle *Heydweiller*, Quarzröhrchen ganz besonders empfehlen. Als Drittes kommt noch hinzu, was ich schon andeutete, dass, im Gegensatz zu dem Röntgenlicht, die Emanation des Radiums durch das schwarze Papier nicht zerlegt, sondern nur in ihrer Propagation behindert wird, — es wird, wie ich sagte, nicht *geseihet* —, wie das aus der Übereinstimmung des Bildes von Bleiglas oben und unten und mit dem des unteren Teiles von Quarz, wie der gleichmässigen Einwirkung auf die Platte überhaupt, hervorgeht.

---

[1]) Ich kann auch auf dieses interessante Kapitel hier nicht eingehen und verweise nur auf das in Genf gesagte: „En résumé, des corps très opaques exposés à l'action des rayons Rœntgen sur une plaque nue ne donnent pas les figures d'ombre plates bien connues, mais des images propres, personnelles, reproduisant leur relief." (Arch. Sér. 4, T. 14. 1902. S. 375). Ich habe damals zwischen Eikonogrammen und Eidologrammen unterschieden.

Diese Differenz wird erklärlich durch die Annahme, dass wir es beim Röntgenlicht mit einer *zusammengesetzten* Erscheinung zu tun haben, — und ich kann das mittelst der empfindlichen Platte in der Tat belegen, nur würde das nicht mehr „eine Einleitung“ sein, — bei den Radiumstrahlen und auch bei dem Sonnenlicht dagegen wohl mit *einfachen* Erscheinungen.

Fassen wir alles zusammen, so glaube ich nachgewiesen zu haben, und das war der besondere Zweck dieser Betrachtung, dass es sich bei allen diesen Vorgängen nirgends um *spezifische,* sondern immer nur um *graduelle* Unterschiede handelt, und zwar Unterschiede bei Vorgängen, die wir sonst als energetische zu betrachten gewohnt sind.

Der Zusammenhang mit der Besprechung von *Heydweillers* Entdeckung liegt ja wohl auf der Hand.

Aber noch andre Erfahrungen an Radiumpräparaten sind aus demselben Grunde hier zu erwähnen.

Es ist eine jetzt allgemein bekannte, von *Giesel* entdeckte und auch von *mir* auf photographischem Wege festgelegte Tatsache, dass frisch dargestellte Radiumsalze zunächst erheblich an Aktivität wachsen. Zur Erklärung dieses Phänomens wird angenommen, dass die Aktivität der frisch dargestellten Substanz durch *Selbstinduktion* zunimmt. Jeder, der das Verhalten radioaktiver Substanzen kennt, weiss ja, welchen Vorgang man damit bezeichnet; ob aber damit immer auch eine wirkliche Vorstellung, ein *Bild* des Vorganges, verbunden wird, ist zweifelhaft. Dagegen erscheint sicher, dass bei frisch bereiteten Präparaten die Gewichtsabnahme *nicht* die gleiche Höhe wird haben können, wie bei solchen, welche die höchste Aktivität bereits erreicht haben. Da das Wachstum der Aktivität sich über einen längeren Zeitraum erstreckt, — bei einem von mir benutzten

Präparat währte das Zunehmen der radioaktiven Kraft, nachdem ich es erhalten hatte, noch etwa 8 Tage, — so müsste dasselbe wohl auch mit der Wage nachgewiesen werden können, und das erscheint mir für die Bestätigung von *Heydweillers* Entdeckung, da Umkehrung nicht möglich, nicht unwichtig.

Wie man weiss, färbt sich das Glas der Röntgenlampen bei längerem Gebrauch etwa jodviolett, das gleiche geschieht mit den Glasgefässen, in denen Radiumpräparate aufbewahrt werden. Während aber bei den Xstrahlen die Färbung hauptsächlich an der Oberfläche haftet, durchdringt die, infolge der Radiumstrahlen eintretende, das Glas vollständig. Es ist also, bei den Beobachtungen die uns hier beschäftigen, auch die Möglichkeit eines Gewichtsverlustes infolge etwaiger Zersetzung des Glases in Betracht zu ziehen.

Weiter wäre, wenn eine Zersetzung nicht stattfindet, mit einer Durchwandrung, nach der Art wie man elektrolytisch Natrium durch Glas hindurch wandern lassen kann, zu rechnen. Auch ist andererseits wohl denkbar, dass durch Intensiverwerden der Färbung die Durchlässigkeit des Glases, — ich verweise auf das oben an Bleiglas und Quarz nachgewiesene, — und damit der Gewichtsverlust, abnimmt, ohne dass darum die radioaktive Kraft der Substanz selbst gemindert wird.

Das sind einige Einwürfe und Bedenken, von denen wir aber wohl sicher annehmen dürfen, dass sie Hrn. *Heydweiller* selbst nicht entgangen sein werden; lassen wir sie also fallen; nehmen wir vielmehr die Tatsache als gegeben hin und werfen die Frage zum Schluss auf: Handelt es sich bei diesen Strahlen um eine neue Form der Energie oder um einen neuen Verteilungszustand der Materie, der, die Hindernisse durchdringend, mit Lichtgeschwindigkeit den Raum durchmisst?

Nach den Messungen von Prof. *Kaufmann* in *Göttingen* pflanzen sich die Radiumstrahlen in der Tat mit einer Geschwindigkeit fort, die der des Lichtes fast gleichkommt, und das gleiche gilt nach den neuesten Messungen von *Blondlot* für die Xstrahlen, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der französische Forscher, im Gegensatz zu älteren Bestimmungen, ebenfalls gleich der des Lichtes gefunden hat. [1])

Diese Frage also: ob Energie, ob Materie, scheint mir gelöst zu sein! —

Denn die Gewichtsabnahme seines Radiumpräparates — die wir als von *Heydweiller* bewiesen voraussetzen — sagt uns, dass wir es ohne Zweifel mit *Materie* zu tun haben, die emaniert wird. Andererseits lehrt uns die Fähigkeit derselben, Glas, wie bei *Heydweillers* Versuchen, oder Metall, wie z. B. bei unseren Photographien, zu durchdringen, dass sich diese Materie in einem Zustand feiner Verteilung, — dass eine solche denkbar, haben wir oben S. 446 nachgewiesen, — wie der Äther, befinden muss, und stellt sie ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit direkt in die gleiche Linie mit denjenigen Energieformen, die wir als Licht und Elektrizität bezeichnen. —

Und darin liegt für mich die ausserordentliche Bedeutung dieser Entdeckung, dass Schwere d. h. *materielle* Eigenschaft bei der Emanation des Radiums nachgewiesen wurde, ein Vorgang, dem sonst lediglich *energetische* Eigenschaften zukommen; in dieser Auffindung eines Bindegliedes zwischen Materie und Energie, zwischen Kraft und Stoff, scheint mir die aussergewöhnliche Bedeutung zu liegen.

---

[1]) La vitesse de propagation des rayons de Roentgen est la même que celle des ondes hertziennes ou de la lumière se propageant dans l'air. *Blondlot*. Archives de Genève Sér. 4. T. 14. 1902. p. 357 und auch Compt. Rend. T. 135. 1902. p. 721 u. 763.

Längst schon sind die Grenzen zwischen Pflanzen- und Tierwelt verwischt; zwischen den drei Aggregatzuständen sind die trennenden Schranken gefallen; die Krystalle, die so sicher und wohl definiert schienen, um ein fest begrenztes Reich zu bilden, sind nach den neuesten Studien, in des Worts ausdrücklichster Bedeutung, lebendig geworden und spotten jeder bindenden Definition; die Lösungen strafen das Gesetz der festen Proportionen Lügen.

Mehr und mehr macht sich die grösste Errungenschaft des Endes des letzten Säkulums geltend, die Erkenntnis: *Die Natur kennt keine Grenzen, sie kennt nur Übergänge!* —

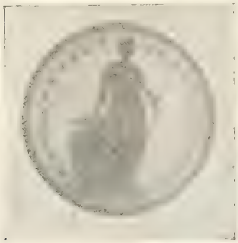
Und dies von neuem und in überraschendster Weise für Kraft und Stoff bestätigt zu haben, darin vor allem suche ich die Bedeutung der neusten Entdeckung auf dem Gebiete der Forschungen über Gewichtsänderungen in geschlossenen Gefässen, der Entdeckung *Heydweillers*, als einer neuen Bestätigung des alten *Linné*'schen Satzes:

„Natura non facit saltus“.

BASEL, am 3. Jänner 1903.

Epilogus galeatus.

Am Ende des Jahres war auch die Arbeit abgeschlossen; auch Wiedergabeversuche, Clichés waren gemacht worden. Das erste Cliché war eine vortrefflich gelungene Röntgographie eines Zweimarkstückes; die anderen gelangen mehr oder weniger günstig. Immerhin nur zwei noch so, dass sie hätten verwendet werden können. Vielfache, direkte Besprechung mit dem Besitzer der Anstalt, persönliche Aufklärung über den Wert und die Wichtigkeit der Darstellung erreichten keine Besserung. Schliesslich wurde dem Verfasser das untenstehende Radiumbild der Zweifrankenmünze vorgelegt. Der Verfasser, schon durch andere Unregelmässigkeiten aufmerksam gemacht, stutzte. Es erwies sich, dass die 22 Sterne der schweizerischen Republik in jenem Abdruck zu 31, wie das Bild noch zeigt, angewachsen waren! Der Künstler hatte es vorgezogen, zu zeichnen, statt technisch nachzubilden. Auf diese Weise hatte er eine wissenschaftliche Hilfsaufgabe, die man ihm in guten Treuen anvertraut hatte, gelöst! Der Verfasser war erkrankt und das in dem Maasse, dass er



für das laufende Semester von allen Verpflichtungen der Universität gegenüber befreit ist. Wie leicht konnte es ihm passieren, in seinem nervösen Zustande, dass er von genauer Betrachtung des Clichés absah und das vom Künstler willkürlich geschaffene Bild als echte Radiographie aufnehmen liess! — Nach Jahren erst, und wenn etwa nur ein Stern statt der neun hinzugefügt worden war, konnte das bemerkt werden und dem Verfasser die Frage vorgelegt werden: „Wie konnten Sie, wenn Sie tatsächlich radiographierte Platten vorzeigten, solche geben, die mehr Sterne als die Originale zeigen?“ Wer hätte dem Verfasser geglaubt, wenn er versichert hätte, nicht ich bin der Schuldige, sondern die Firma Manissadjian? —

Georg W. A. Kahlbaum.

Fig. 3.

Fig. 1.

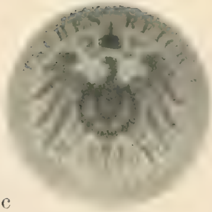


Fig. 2.

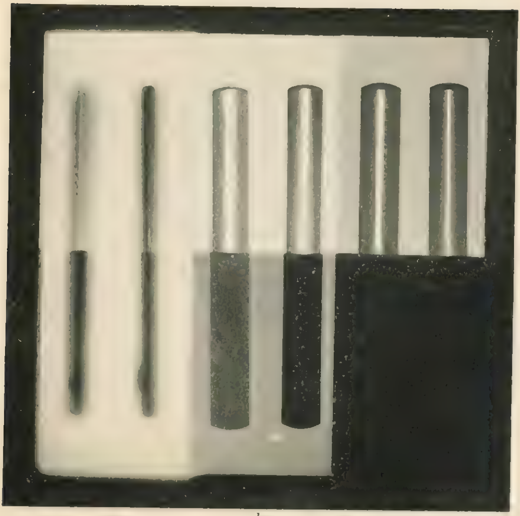


Fig. 6.

Fig. 4.

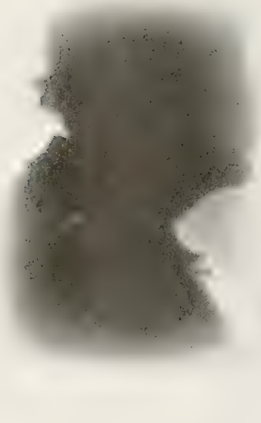


Fig. 5.

Kurze Notiz über Beobachtungen an dem Ciliarkörper und dem Strahlenbändchen des Tierauges.

Von

Rud. Metzner.

(Mit einer Textfigur).

Die vorstehenden Zeilen sollen in kurzen Zügen Beobachtungen an Augenpräparaten von Hunden und Hamstern schildern. Diese Präparate, zu Lehrzwecken angefertigt, lenkten bei ihrer genaueren Untersuchung meine Aufmerksamkeit auf einige Dinge, über die ich vorläufig in der Litteratur nicht den gewünschten Aufschluss fand. Ihre genauere Verfolgung zeigte mir bald, dass ein eindringendes Studium nur unter Zuhilfnahme verschiedener Techniken möglich, und dass hierfür ein grosses Material nötig sei. Seine ausgiebige Beschaffung scheiterte z. T. an äusseren Umständen, doch erlaubt das vorliegende wohl eine kurze Mitteilung. Ich hoffe in Bälde mit einer detaillierten und illustrierten Schilderung hervortreten zu können.

Wie *Terrien*[1]) p. 13 angibt, findet man bei Tieren keinen ebenen Teil der Pars ciliar. ret., im Gegensatz zum Menschen, wo er sich von der scharf, fast im rechten Winkel abgesetzten Übergangsstelle der ein Sinnesepithel tragenden eigentlichen Netzhaut in das einfache Epithel des Ciliarteils über eine Zone von fast 2/3 der Breite der ganzen Pars ciliaris retinæ glatt nach vorn erstreckt. Untersucht man einen Meridionalschnitt durch die vordere Bulbushälfte eines erwachsenen Hundes, so findet man diese Angabe bestätigt, nur mit der Abweichung, dass man nicht, wie *Terrien* (l. c. p. 38) für das Pferd angibt, den steilen Abfall der menschlichen Retina vermisst, sondern auch eine, wenn auch nicht annähernd rechtwinkliche, doch ziemlich steile Dickenabnahme findet. Dagegen fehlt sie allerdings bei sehr jungen Tieren (Präpar. von Hunden, die am 1.—4. Tage nach der Geburt getötet wurden); hier verstreicht die Retina allmählich, und nach vorn von ihrem Ende dehnt sich eine fortsatzfreie Zone ziemlicher Breite aus. Diese meine Beobachtung am Hundeauge würde mit den Angaben *Schön*'s [1]) übereinstimmen, der bei *Kindern* (ig. p. 417 l. c. 1 Taf. XIV) angibt, dass die Netzhaut sich ganz allmählich abdache, bis nur eine einfache Zellschicht übrig bleibt. Da nun bei Hündchen im oben angegebenen Alter die Stäbchen und Zapfen noch in der Entwicklung begriffen sind, derart, dass über die scharf ausgeprägte Membr. limitans externa retinæ nur kleinste rundliche Kölbchen herausragen, indess unter ihr Mitosen in grosser Anzahl sich zeigen, so ist es nicht so leicht festzustellen, wo in Wirklichkeit die visuelle Retina ihr Ende erreicht. Auch beim erwachsenen Tiere besteht hier insofern eine Schwierigkeit, als an der Abdachungsstelle, d. h. also von der Stelle der so plötzlichen Verdünnung der Netzhaut Sehelemente von ausgeprägt unterscheidbarer Form auf eine Strecke von wenigen μ nicht mehr vorhanden sind; doch ist eben durch diese Abbruchstelle mit hinlänglicher Schärfe das Ende der Pars optica retinæ markiert; sie geht hier, wie alle Autoren berichten, für erwachsene Individuen ganz plötzlich in eine einfache Epithellage über. Ich finde aber nun, abgesehen hiervon, ein weiteres Kennzeichen darin, das bei den von mir untersuchten Tieren die Trennungslinie der Pars. ciliar. ret. von der eigentlichen Retina mit aller Schärfe festlegt. Dies ist gegeben durch die Beschaffenheit des Pigmentes im Stratum pigmentosum retinæ. Soweit ich die Litteratur bisher übersehen konnte, geben die Autoren übereinstimmend an, dass die Pigmentschicht der Pars optica ret. unverändert in diejenige der Pars ciliar. ret. übergehe. Wohl geschieht der Thatsache Erwähnung, dass die krystalloiden Elemente des retinalen Pigmentes von verschiedener Form, meist Stäbchengebilde seien, indes das Pigment der Pars ciliar. retinæ aus rundlichen Körnern bestehe, aber ich finde nirgends erwähnt, dass eine so haarscharfe Grenze existiere, wie sie sich beim Hunde, und wie ich hinzufüge, auch beim Hamster findet.

---

[1]) *Terrien, F.* Recherches sur la structure de la rétine ciliaire et l'origine des fibres de la zonule de Zinn (Paris, 1898).

---

[1]) *Schön*, W. Der Übergangssaum der Netzhaut oder die sog. Ora serrata (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1895 Anatom Abteilung, p. 417 u. ff.)

Die krystalloiden Elemente der Pigmentosa retinæ des Hundes sind kleine Spindeln, die an der belichteten Netzhaut in zierlichen Festons angeordnet, den freien Zellensaum besetzen. Diese Guirlande erstreckt sich bis zum letzten, ausgebildeten Stäbchen resp. Zapfen; an der Abbruchstelle stehen dann 2—4 Zellen, welche die Spindeln in dicht gedrängter Masse enthalten, und hierauf folgt, der ersten Epithelzelle der Pars ciliaris retinæ entsprechend, die nächste Pigmentzelle ohne ein einziges der spindelförmigen Kryställchen, nur erfüllt von den groben Rundkörnern, welche für den Ciliarteil der Pigmentschicht charakteristisch sind. Sie erfüllen die Zelle sehr dicht, selbst an Schnitten von nur 3 μ

Dicke; sie haben sich infolge dessen gegenseitig zu unregelmässigen Polyedern abgeplattet.

Am Auge des neugeborenen resp. nur wenige Tage alten Hundes hört mit der letzten Zelle des einschichtigen Epithels auch das alleinige Vorkommen des Körnerpigmentes auf. Aber wie hier — was oben erwähnt wurde -- kein plötzliches Anwachsen der Schichtdicke um ein Mehrfaches besteht, sondern ein allmähliches Ansteigen stattfindet, so sieht man in den entsprechenden gegenüberliegenden Pigmentepithelzellen nicht sofort alle Körner durch Spindeln ersetzt, sondern erstere schwinden allmählich, um erst nach Erreichung der endgiltigen Retinadicke ganz den Krystallen Platz zu machen. Jedoch ist die Grenze hier auch insofern vollkommen scharf, als mit dem Beginn des mehrschichtigen Baues auch die Spindeln sich beimischen.

Dass eine solche scharfe Sonderung zu Stande kommt, ist bemerkenswert, da doch das Pigmentepithel der Retina über ihre ganze Erstreckung bis zur hinteren Irisfläche entwicklungsgeschichtlich eine Einheit bildet, und auch der Übergang an der Ora serrata ein kontinuierlicher ist. Ein Unterschied besteht nur darin, dass, wie *Greef*[1]) p. 186 hervorhebt, die Zellen des Pigmentepithels „ihre regelmässige sechseckige Gestalt verlieren und in radiärer Richtung langgezogen erscheinen.“

Ich kann die Angabe für den Hund vollauf bestätigen, zumal beim neugeborenen Tiere ist der Anblick frappant.

Indess nun das Pigmentepithel, abgesehen von dem veränderten Inhalte, kontinuierlich von der eigentlichen Retina zur Pars ciliar. ret. übergeht, erleidet die Netzhaut selbst eingreifende Veränderungen, indem diese vielschichtige Membran sich am Orbiculus ciliaris als einfaches Cylinderepithel fortsetzt. Dieses Epithel wird gemeiniglich als *secernierendes Epithel* aufgefasst — vergl. z. B. *Greef* l. c. p. 189 — und ich möchte mich dieser Ansicht anschliessen, trotz *Rabl*'s Einwurf, dass hier die basale Fläche der Zellen gegen das mit Sekret zu erfüllende Lumen frei läge. *Terrien*, *Berger* und *Czermak* u. a. beschreiben aber noch ein *Stützgewebe* zwischen den secernierenden Zellen, das nach *Terrien* (l. c.) einmal aus *Stützfasern* (fibres de soutien oder de soutènement), zum andern aus Zonulafasern (fibres zonulaires) besteht. Man kann dieses Stützgewebe isoliert zur Darstellung bringen durch Verdauung mit salzsaurer Pepsinlösung (*Berger*) oder durch das von *Griffith* empfohlene Pigment-Bleichverfahren mit Chlor (*Terrien*). An sehr dünnen Schnitten der Präparate vom erwachsenen *Hunde* oder *Hamster*, welche in dem von *mir*[1]) angegebenen Osmiumgemische fixiert und mit Säurefuchsin intensiv gefärbt wurden, erkennt man die Stützsubstanz zwischen den secernierenden Zellen sehr deutlich als feinstreifige Einlagerung; an der Epitheloberfläche ist sie verbreitert, ganz wie es *Terrien* u. a. beschrieben haben. *Terrien* gibt an, dass diese fibres de soutènement identisch seien mit den *Müller*'schen Stützfasern der eigentlichen Retina, und von ihr auf die Pars ciliar. ret. übergingen (l. c. p. 46, 63 etc.), indess die secernierenden Zellen als Fortsetzung der *inneren* Körnerschicht (Bipolaren für Zapfen und Stäbchen) erscheinen.

---

[1]) *Greef*, V. Mikrosk. Anat. des Sehnerven und der Netzhaut (*Gräfe-Sämisch*, Handbuch der ges. Augenheilkunde. I. T. I. Bd. 5. Kapitel).

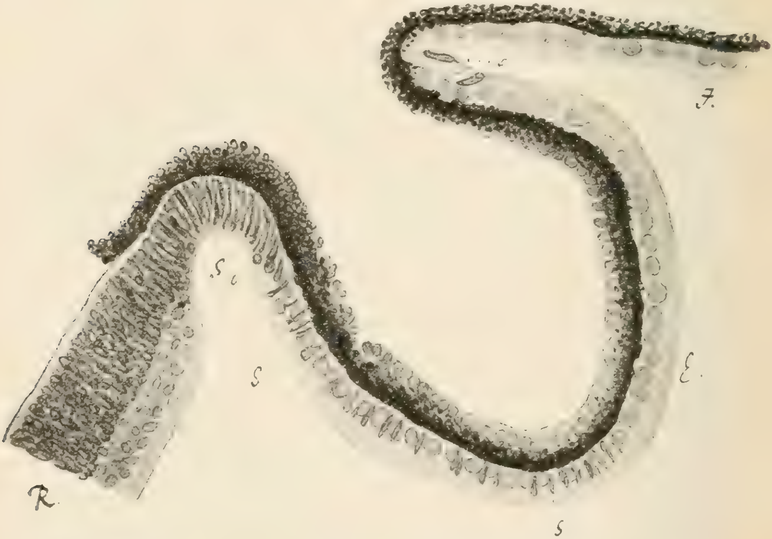
---

[1]) *Metzner, R.* Untersuchungen an Megastoma enter. Grassi (Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoolog. LXX. Bd. 1901.) — Artikel *Altmann*'sche Granula-Methoden (Encyklopädie der mikroskop. Technik. Wien 1903.)

An den Abbildungen, Fig. 17 und 18 pp. 44 u. 45, der Augen menschlicher Embryonen und Föten, welche *Terrien* gibt, erkennt man gut den Übergang der inneren Körnerschicht in die Pars ciliar. retinæ; *zellige* Elemente des Stützgewebes (*Müller*'sche Zellen) sieht man nicht. An meinen Präparaten vom neugeborenen Hündchen kann ich einen sicheren Entscheid nicht geben, welchem Teile der eigentlichen Retina die *Epithelzellen* (secernierenden Zellen) der Pars ciliar. entsprechen, bezw. welche Zellreihe sich in letztere fortsetzt. Denn diese Augen zeigen noch keine deutliche Trennung der äussern Schicht des proximalen Blattes der sekundären Augenblase, also noch keine Sonderung in äussere oder innere Körnerschicht. Das Bild ähnelt eher der Fig. 17 p. 44 l. c. von *Terrien*, das aber ein frühes embryonales Studium des menschlichen Auges darstellt. Die äusserste Grenzschicht ist, wie schon oben erwähnt, noch mit sehr reichlichen Mitosen erfüllt, was ich hier besonders betonen möchte, da *Greef*[1]) angibt, dass nach neueren Forschungen es nicht mehr möglich ist, Mitosen in der Retina neugeborner Hunde zu finden. Hinzufügen möchte ich, dass auch beim neugeborenen Hamster die Zahl der Mitosen noch gross ist. Dass die innere, helle Schicht, welche später die innersten Schichten der Retina liefert, sich *nicht* auf die Pars ciliar. fortsetzt, das lässt sich allerdings an meinen Präparaten nicht mit der gleichen Sicherheit konstatieren, mit der *Terrien* es nach seinen Objekten darstellt. Dagegen aber zeigen nun meine Schnitte einmal die stärkere Anhäufung von Stützzellen resp. Stützfasern im letzten Abschnitt der eigentlichen Retina als auch ihr Übergreifen auf den Orbiculus ciliaris. An den mit obigen Osmiummischungen fixierten, in Schnittserien von je 2,5 μ Dicke zerlegten und mit Säurefuchsin gefärbten Augen neugeborener Hunde stellen sich diese Elemente als streifige Bälkchen dar. Ihre zellige Natur ist dort zu erkennen, wo diese Bälkchen sich verbreitern und einen schmalen Kern einschliessen. Nach aussen ragen sie in die Pigmentschicht hinein, nach innen ziehen von ihnen feine Fibrillen heraus, welche sich der Glashaut der Pars ciliaris anlegen. Sehr auffällig treten sie aber hervor an Zenker-Präparaten, welche in toto mit Borax-Carmin gefärbt, in Celloidin eingebettet und in Schnitte von 15—20 μ Dicke zerlegt sind. Hier treten in dem sich verschmälernden Endteil der Sehretina ca. 70 –75 μ lange, tief dunkelrot gefärbte, homogene Gebilde auf, die nach dem Ciliarkörper zu sich immer dichter an einander lagern und dabei kürzer werden, so dass sie bald auf 26—22 μ Länge herabgehen (Fig.). Was neben ihnen noch an zelligen Elementen in diesem Übergangsteil liegt, ist nicht sicher zu erkennen, da sie alles verdecken. Noch etwas weiter nach vorn beginnt sich alles aufzuhellen und das Epithel (secernierendes Epithel) tritt auf. Am *Zenker*-Präparat zeigt es glashelle Zellen mit kugeligen Kernen, die eine zarte, körnig-fädige Chromatinanordnung besitzen und durch die Färbung mit Borax-Carmin einen blassroten Ton erhalten haben. Zwischen ihnen liegen, noch recht zahlreich, aber immer spärlicher werdend, die tiefdunkelroten Gebilde, die hier 13—15 μ lang sind, und selbst mit starken Immersionssystemen keine deutliche Struktur zeigen. Bis zur Höhe des Ciliarfortsatzes sind sie vorhanden, aber dann verschwinden sie und bis zum Iriswinkel sieht man nur das secernierende Epithel. In der Tiefe des Winkels liegen wieder einige wenige, jedoch auf der Rückseite der Iris, resp. in ihrem hinteren retinalen Überzuge fehlen sie ganz. Das Epithel ist hier anfangs noch eben so hoch, wird aber gegen den freien Rand der Iris niedriger. Auf der Textfigur sind diese Verhältnisse dargestellt durch Kombination einiger Schnitte, um überall eine reine Profilansicht des Epithels zu gewinnen; das subepitheliale Gewebe, die Gefässschlingen sind weggelassen, da sie sich vom Pigmentepithel losgelöst hatten. Das Innere des gezeichneten Ciliar-Fortsatzes wäre aber nicht nur damit zu

---

[1]) *Greef, R., S. Ramon y Cajals* neuere Beiträge zur Histologie der Retina (Zeitschr. f. Psychologie u. Physiol. d. Sinnes-Organe. XVI. Bd. 1898. p. 164.)



Meridionalschnitt durch den Ciliarkörper eines neugebor. Hundes. (Zenkers Flüssigkeit; Stückfärbung mit Borax-Carmin). Halbschematisch, insofern Bindegewebe, Gefässe etc. des Innern weggelassen sind.

J = Pars iridica retinae. E = Sog. secernirend. Epithel. Dazwischen (S) die dunkelroten Stäbchen. S_0 solche mit kleinem Fortsatz. R = eigentl. Retina.

(Apochr. 16 mm. Comp. Ocul. 12. Vergrössg. 187. Details mit homog. Immersion eingezeichnet.)

füllen, sondern auch noch mit den Bildern der durchschnittenen kleinen Einstülpungen resp. Fortsätze, welche an dem Hauptkörper sich finden. In diesen Einbuchtungen, zumal in der Tiefe der Nebenthäler, waren zwischen den Epithelzellen immer die kleinen, dunkelroten Stäbchengebilde zu sehen. Sie fehlen also nur auf dem gegen die Iris schauenden (vorderen) Abhang und auf dem vorderen Teile der Kuppe des Hauptfortsatzes. Aus der Tiefe der Nebenthäler, sowie aus der Tiefe des auf der Zeichnung dargestellten Übergangsteils der Sehretina in ihren Ciliarteil, der Falte die, wie erwähnt, normalerweise beim neugeborenen Tiere nicht besteht und auch an meinen Osmiumpräparaten fehlt, und hier nur durch die Ablösung der Retina, sowie ihre Vordrängung gegen die Pars ciliaris bei der Fixierung entstanden ist, — traten Faserbündel hervor, welche am letzteren Orte der Membrana hyaloidea des Glaskörpers resp. der Glashaut der Pars ciliaris anlagen. Diese Fasern sind durch nachträgliche Färbung mit verdünnter Hämatoxylinlösung darstellbar, da aber nur an den Osmiumpräparaten ihr Zusammenhang mit interepithelialen Fasern festzustellen war, dagegen an den *Zenker*-Präparaten nur Andeutungen von kleinen Fädchen an den Enden der dunkelroten Längsstäbchen sich zeigten (s. Fig. 8 o), so sind sie auf der Zeichnung fortgelassen worden.

Da es mir, wie eingangs erwähnt, vor der Hand an geeignetem Material gebricht, um die Befunde am neugeborenen Hunde in Zusammenhang zu bringen mit dem was ich am erwachsenen Tiere fand, so will ich hier nur eine Schilderung dieser letzteren anreihen, unter Hinzunahme der Bilder vom erwachsenen Hamster.

Bei schwacher Vergrösserung boten meine Meridionalschnitte vom Hundeauge ganz den Anblick, den

Retzius[1]) auf Tafel XXXII, Fig. 5 seines grossen Werkes dargestellt hat und der auch den Beschreibungen von *H. Virchow*[2]) entspricht. Die kleinen, dicht über dem Epithel hinlaufenden Zonulabälkchen sind aus feinsten Fibrillen zusammengesetzt; ein Teil dieser Fibrillen entspringt sicher interepithelial in den Thälern der Proc. ciliares; ob alle Fibrillen von dort kommen, wie *Terrien* (l. c. pr. Fig. 21, 22, 23) angibt, lasse ich dahin gestellt. An Schnitten nun, welche in Ebenen parallel dem Augenäquator angelegt sind, also das Corp. ciliare quer treffen, sieht man in den Thälern die Fibrillen mit Deutlichkeit *zwischen* den Epithelzellen hervorkommen. An geeigneten Schnitten erkennt man auch, dass sie zwischen die Pigmentzellen in die Tiefe dringen, und andrerseits bemerkt man *unter* dem Pigmentepithel Fasern vom Charakter elastischer Fibrillen, die zwischen den Pigmentzellen nach aussen streben. In seiner ausgezeichneten, schon zitierten Studie konnte *Terrien* beim Pferde und Rind den Zusammenhang der Pigmentschicht mit der sog. Lamina vitrea der Chorioidea, welche wohl besser noch dem retinalen Pigment zuzurechnen wäre, durch feinste Faserbälkchen nachweisen (s. die Figg. 9, 11 etc.) und damit zugleich ihre Verbindung mit den interepithelialen Stützfasern resp. den Zonulafibrillen. Beim Hunde ist, soweit ich bis jetzt ermitteln konnte, die Lamina vitrea nur als allerfeinste Lamelle ausgebildet, während sie beim Hamster eine ziemlich dicke Membran darstellt. Am Übergang der Retina in ihre Pars ciliaris sieht man nun beim Hamster aus dieser Membran, die unter der Immersionslinse feinstreifig erscheint, ein Netz von feinsten Fibrillen ausgehen, die sich teilweise zwischen den Epithelzellen hindurch in Zonulafibrillen verfolgen lassen, zum andern Teil sich in den *Brücke'*schen Muskel verlieren. Die Frage, inwieweit die feinen Fibrillen aus den Thälern der Ciliarfortsätze nur Zuwüchse zu den von der Glashaut der Pars ciliaris ret. kommenden Zonulabalken darstellen, wie *Retzius* (l. c. p. 82 u, ff.) angibt, der Glashaut, welche nach seinen Untersuchungen die direkte Fortsetzung der Membrana hyaloidea des Glaskörpers ist, kann ich vorderhand nicht entscheiden. Nach meinen Präparaten ist die Glashaut der Pars ciliaris retinæ vorwärts vom Orbiculus ciliaris breiter, straffer als die Membrana hyaloidea, welche die eigentliche Retina begrenzt. Dass die am Oriculus ciliaris resp. am Übergangsteil der Netzhaut entspringenden äusserst zahlreichen Fasern, die ganz den straffen Charakter der Zonulafibrillen tragen — s. a. Schultze 1) p. 23 u. ff. und Fig. 20 — den Hauptbestandteil dieser Membran ausmachen, ist ebenfalls deutlich zu erkennen. Da aber die Schnitte der Osmiumpräparate, welche diese Fibrillen und das interepitheliale Stützgewebe vortrefflich zeigen, nur 2—2½ μ dick sind, so ist es mir vorläufig noch nicht gelungen, die topographischen Verhältnisse des freien Verlaufes nach vorne zu eruieren. Meine Befunde würden sich aber dem, was *Agababow*, *Schön*, *Terrien*, *Oscar Schultze* über den Ursprung der Zonulafasern angeben, anschliessen und den Ansichten dieser Autoren über die ektoblastische Abstammung dieser Fasern durch den Nachweis des kontinuierlichen Überganges der Stützelemente der eigentlichen Retina auf deren Pars ciliaris beim neugeborenen Tiere zur Unterstützung dienen.

---

[1]) *Retzius, G.* Biologische Untersuchungen N. F. VI. 1894 p. 67 u. ff.

[2]) *Virchow, Hans.* Über die Form der Falten des Corpus ciliare bei Säugetieren (Morpholog. Jahrb. Bd. XI. 1886).

---

1) *Schultze, Oscar.* Mikroskop. Anat. der Linse und des Strahlenbändchens (Gräfe-Sämisch, Handb. d. ges. Augenheilkunde. I. T. I. Bd. IV. Kap.)

Am Schlusse noch eine Bemerkung über die Retina des Hundes. In Fig. 50 seiner ausgezeichneten Monographie gibt *Greef* (l. c. 1 pp. 122 u. 185) einen Schnitt durch die Ora serrata des menschlichen Auges, an dem das immer seltenere Vorkommen der Stäbchen, ihr endliches Verschwinden, sowie die Verkümmerung der allein übrig bleibenden Zapfen vorzüglich zu erkennen sind. An der Retina eines erwachsenen Hundes (Osmiumpräparat) waren Stäbchen auch neben den letzten Zapfen zu erkennen. was insofern interessant ist, als nach meinen Untersuchungen, die ich durch ein grösseres Material noch vervollkommnen möchte, die sog. *Area* des Hundes (Chievitz[1]) *keine* stäbchenfreie Zone enthält, sondern dass hier wohl die Zapfen sehr dicht stehen, aber immer durch Stäbchen getrennt sind.

Die von *Greef* (l. c. p. 114) angegebene Höhenabnahme der Zapfen war am Hunde gut zu sehen; ich habe an verschiedenen Schnitten folgende Maasse aufgenommen:

				Höhe des			Dicke des cyl. Innengliedes.
				Innengliedes	Aussengliedes		
1.	Zapfen	480 μ	v. Ora serrata	9 μ	5 μ	(spitz)	2,5 μ
2.	„	230 μ	„	8 μ	4,5 μ	„	3.5 μ
3.	„	24 μ	„	6 μ	4 μ	(kuppelförmig)	4 μ
4.	„	20 μ	„	5 μ	4 μ	„	4 μ
5.	„	17 μ	„	6 μ	3 μ	(spitz)	3,5 μ

---

[1] *Chievitz. J. H.* Über das Vorkommen der Area centralis retinae in den vier höheren Wirbeltierklassen (Arch. f. Anat u. Physiologie; Anatom. Abteil. 1891. p 310 u. ff.)

Verhandlungen

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

BASEL.

Band XVI.

Mit drei Tafeln.

BASEL
Georg & Co., Verlag
1903.

GEORG & Co., Éditeurs, Bâle, Genève et Lyon.

LA FLORE DE LA SUISSE

ET SES ORIGINES

PAR LE

Dr. H. CHRIST.

Un fort volume grand in-8°, accompagné de quatre illustrations hors texte, de quatre cartes en couleurs indiquant les zones des plantes et d'un tableau graphique: Limite des hauteurs.

PRIX DE L'OUVRAGE:

broché Fr. 16. — Cart. toile Fr. 18. — Demi rel. Fr. 20. —

∵ Cet ouvrage est divisé en quatre parties: I. La région inférieure, zone de la vigne et des arbres fruitiers. — II. Région moyenne, celle des bois feuillés. — III. Région plus élevée, zone des conifères. — IV. Région alpine, la plus captivante de la flore suisse, qui pour la richesse de la floraison et l'éclat des couleurs excite à un si haut degré l'intérêt du savant et du simple amateur. Suit un résumé général de l'histoire de notre flore.

∵ L'auteur est naturaliste, mais avec son talent d'artiste il sait donner un grand attrait à ses déscriptions; c'est donc un livre qui intéressera toutes les personnes, qui aiment les Alpes et ses fleurs.

∵ Nous citerons encore du compte-rendu publié par **Mr. Alphonse de Candolle** aux Archives des Sciences de Genève:

C'est un ouvrage à lire d'un bout à l'autre que celui de M. le Docteur Christ sur la flore de la Suisse et nous regardons comme une bonne fortune pour les lecteurs français et même italiens ou anglais qu'on en ait publié une traduction très-exacte. Le travail du savant botaniste bàlois contient une foule de détails. Cependant il est si bien rédigé, chaque chose est si bien à sa place, et il y a des résumés si clairs qu'on n'est jamais fatigué en le lisant. Ce n'est pas une énumération d'espèces selon les régions ou les localités, comme on en voit souvent à la tete des flores; ce n'est pas non plus un tableau général, littéraire plutot que scientifique; mais les détails et les généralités y sont distribués d'une manière judicieuse qui laisse une idée nette de chaque sujet.

GEORG & Co., Éditeurs, Bâle, Genève et Lyon.

OUVRAGES DIVERS D'HISTOIRE NATURELLE

Archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon. Tome I à VII. gr. in-4° avec planches. 1872--1899.

*** Mémoires par MM. Lortet, Locard, Chantre, Saporta, Marion, Falsan etc. Chaque volume se vend séparément.

Candolle (Alph. de) Histoire des sciences et des savants depuis deux siècles, précédée et suivie d'autres études sur des sujets scientifiques. In-8°, 616 p. 1885. 10 --

Fatio (Dr. **V.**) Faune des vertébrés de la Suisse. Tome I. Mammifères. 410 p., 8 pl. gr. in-8° 16

— Tome II. Oiseaux 1re partie. 850 p., 3 pl. et une carte, gr. in 8°. 25

La seconde partie en préparation.

— Tome III. Reptiles et Batraciens. 616 p., 5 pl., gr. in-8°. 18 —

— Tomes IV et V. Poissons. 1456 p., 9 pl., gr. in 8°. 45 —

Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Vol. I à XXXIII et volume supplémentaire: Centenaire de la fondation de la Société. 4° avec planches 1821 à 1901.

*** Collection très importante contenant des Mémoires par MM. De Candolle père et fils, DeSaussure, Duby, F. J. Pictet, E. Boissier, Huber, Claparède, Fol et autres savants genevois.

Mémoires, nouveaux, **de la Société** helvétique des sciences naturelles. (Neue Denkschriften der allg. schweiz. naturforschenden Gesellschaft). vol. I à XXXVIII. 4° avec planches. 1837-1900 2.

*** Chaque volume se vend séparément excepté quelques-uns de la 1re décade. Cette publication importante renferme des travaux très estimés par MM. Agassiz, Cramer, Gaudin, Heer, Nägeli, Rütimeyer, Thurmann etc.

Mémoires de la Société paléontologique suisse (Abhandlungen der schweiz. palæontol. Gesellschaft), vol. I à XXVIII, gr. in-4° avec planches. 1874—1901.

*** Mémoires de MM. de Loriol, Renevier, Rütimeyer, Favre, Koby, Greppin etc.

Rütimeyer (Prof. **L.**) Der Rigi. Berg, Thal und See; naturgeschichtliche Darstellung der Landschaft. 160 S., 13 Illustrat. und 1 color. Karte. In-4°. 1877. br. 8 —

Eigenartiges Werk, welches namentlich die Aufmerksamkeit aller Alpenfreunde und Naturforscher von Fach verdient.

— Gesammelte kleine Schriften allgemeinen Inhalts aus dem Gebiete der Naturwissenschaft, herausgeg. von H. G. Stehlin. 2 vol. gr. in-8° m. Portrait. 15 --

---

Baud-Bovy (Daniel). Wanderungen in den Alpen. Von Brieg auf das Eggischhorn, den Aletschgletscher und Umgebung. Mit 118 Illustrationen im Text und 18 grossen Bildern in Heliographie nach besonderem Verfahren der Gesellschaft für graphische Künste in Genf. Prachtband in gr.-4°, mit polychrom. Umschlag. 20 —

Leinwd. geb. 22 50

Roger (Noelle). Saas-Fée et la Vallée de la Viège de Saas. Beau volume avec 190 illustrations par Lacombe et Arland. Gr. in-4°. 20 —

Yung. Zermatt et la vallée de Viège. 2e édition. Gr. in-4°. 20 —

Ouvrage orné de 150 gravures et vignettes exécutées en phototypie par les procédés spéciaux de la Société des Arts graphiques à Genève.

AMNH LIBRARY
100127150